

ZUR FORENSISCH-TOXIKOLOGISCHEN BEDEUTUNG VON HAAREN

SPURENELEMENTE IM HAAR

**Wachstum des Haares und Haarausfall als Folge
medikamentöser und kosmetischer Behandlung**

(nach der Literatur von 1965-1970)

von

Lena Aha geb. Hakanson

aus

Jönköping/Schweden



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548410_0083

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. H. -B. Wuermeling

ZUR FORENSISCH-TOXIKOLOGISCHEN BEDEUTUNG VON HAAREN

SPURENELEMENTE IM HAAR

**Wachstum des Haares und Haarausfall als Folge
medikamentöser und kosmetischer Behandlung
(nach der Literatur von 1965-1970)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Lena Aha geb. Hakanson

aus

Jönköping/Schweden

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. L. Demling
Referent: Prof. Dr. Dr. M. Geldmacher-v. Mallinckrodt
Korreferent: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling

Tag der mündlichen Prüfung: 29.4.1974

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. <u>Einleitung</u>	4
B. <u>Allgemeiner Teil</u>	4
I. Ein neues Verfahren Spurenelemente im Haar des Menschen festzustellen	4
II. Geschlechtsabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen	5
III. Altersabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen	5
IV. Farbabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen	7
V. Umweltabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen	8
VI. Das Verhältnis zwischen den Spurenelementkonzentrationen im Haar und den Gesamtkörperkonzentrationen dieser Elemente	8
VII. Konzentrationen der im Haar gefundenen Spurenelemente	9
C. <u>Spezielle Spurenelemente im Haar</u>	14
I. Metalle	14
1) Blei	14
2) Quecksilber	19
3) Chrom	23
4) Kupfer	27
5) Zink	30
6) Strontium	39

II. Nichtmetalle.	44
1) Arsen.	44
D. <u>Wasch- und Untersuchungsmethoden des Haares.</u>	45
I. Vorbehandlung des Haares.	45
1) Auslaugen mittels Diäthyl-Äther.	45
2) Waschen mit dest. Wasser und Azeton-Alkohol.	45
3) " " organischen Lösungsmitteln.	46
4) " " ionenfreien Waschmitteln. (Kyro EO).	46
5) " " 10% Tween 80-Lösung.	46
6) " " 0,1%-iger Seifenlösung (Ivory Flakes).	46
7) " " Isopropylalkohol.	47
8) " " dest. Wasser, Alkohol-Äther 50:50 und Azeton.	47
II. Waschvergleiche.	47
III. Einwirkung anderer Waschparameter.	49
E. <u>Haarwachstum.</u>	51
I. Haarzyklen.	51
II. Verschiedene Methoden, die Länge der Haarzyklen zu bestimmen.	52
III. Ergebnisse der Messungen.	53
1) Kopf.	53
2) Finger.	53
3) Brust.	53
4) Bein.	53
5) Schläfe.	53
6) Arm.	53
7) Schnurrbart.	53
8) Scheitel.	53
IV. Vergleiche zwischen der Wachstumsperiode und der Ruheperiode.	54
V. Vergleich über Haarzyklen von demselben Follikel.	54
VI. Haarzyklen und Jahreszeiten.	55
VII. Unvermutetes Auswachsen von "neuem Haar".	56
VIII. Verlust alter Haare.	56
IX. "Bed hair".	57
X. Haargruppen.	57

XI. Das Rasieren und seine Einwirkung auf den Haarwuchs.	57
XII. Sexuelle Aktivität und Bartwachstum.	61
F. <u>Einwirkungen von Medikamenten auf das Haar und dessen Wachstum.</u>	64
I. Abnormer Haarausfall.	64
II. Haarverdünnung.	65
III. Andere Ursachen, welche den Haarausfall beeinflussen.	65
1) Antimitotische Medikamente,	65
2) Telogenes Effluvium.	65
3) Eisenmangel.	66
4) Hyperthyroidismus.	66
5) Hypothyroidismus.	67
IV. Medikamente, die den Haarwuchs bei entzündlichen Krank-	67
heiten der Kopfhaut wieder fördern.	
1) Lokale Kortikosteroide.	67
2) Schwefel.	68
3) Selensulfid.	68
4) Griseofulvin.	69
V. Chemikalien, die den Haarschaft zerstören.	70
VI. Hirsutismus.	72
VII. Depigmentation des Kopfhaares.	73
G. <u>Diskussion und Zusammenfassung.</u>	75
Literatur	78

A. Einleitung

=====

In neuerer Zeit mehren sich Publikationen, aus denen hervorgeht, daß der Gehalt der Haare an verschiedenen Metallen, wie z.B. Arsen und Thallium, in Korrelation bezüglich Zeit und Konzentration zu dem Metallgehalt des Blutes steht, und zwar zu dem Zeitpunkt als das Haar im Wachstum begriffen war und die Wurzelabschnitte sich im Gleichgewicht mit der Blutkonzentration an den betreffenden Metallen befanden. In der Gerichtsmedizin hat man die mikroskopische Haaruntersuchung zur Identifizierung schon lange angewendet. Bei mikroskopischer Untersuchung von Haaren nach etwas länger zurückliegender Thalliumaufnahme findet man z.B. dunklere Abschnitte mit erhöhtem Thalliumgehalt, deren Entstehen auf eine Wachstumsstörung durch im Blut kreisendes Thallium zurückgeführt wird.

Sehr bekannt ist der typische Haarausfall etwa 14 Tage nach Aufnahme einer entsprechenden Thalliumdosis.

B. Allgemeiner Teil

=====

I. Ein neues Verfahren, Spurenelemente im Haar des Menschen festzustellen.

Durch ein neues Verfahren, Aktivierungsanalyse genannt, kann man jetzt einfacher und genauer viele Spurenelemente im Haar feststellen. Diese Technik basiert auf der Messung der Radioaktivität, die künstlich auf einem Probestück erzeugt wurde durch Beschuß von Neutronen in einem Kernreaktor. Diese Aktivierungsanalyse ist noch nicht so zuverlässig wie z.B. Fingerabdrücke, aber sie ist wenigstens genau so sicher wie viele andere Methoden, die schon bei den Gerichten anerkannt sind.

Bei einer Untersuchung über Spurenelemente im menschlichen Haar von SCHROEDER (1969) wurden 8 Spurenelemente analysiert. Man untersuchte das Vorkommen von 5 verschiedenen Metallen, nämlich Magnesium, Zink, Kupfer, Chrom und Kobalt.

Außer diesen fand man 3 weitere Elemente, die sich im menschlichen Gewebe mit zunehmendem Alter ablagern, und zwar waren dies Blei, Nickel und Kadmium. Dabei versuchte man, einen Zusammenhang zwischen den Spurenelementen im Haar und dem Alter der Personen, von denen die Haarproben stammten, sowie deren Geschlecht und Haarfarbe festzustellen. Weiterhin wurden die Konzentrationen von den Spurenelementen im Haar im Verhältnis zu den Konzentrationen dieser Elemente im gesamten Körper untersucht. Ergebnisse siehe später.

II. Geschlechtsabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen.

COLEMANN hatte bei einer großen Untersuchung der Haarproben von über 800 Menschen in England und Wales festgestellt, daß die Konzentrationen der Spurenelemente von Mensch zu Mensch große Unterschiede zeigten. Die Verschiedenheiten, die er zwischen den Proben von männlichen und weiblichen Personen feststellte, waren groß genug, um das Geschlecht der Untersuchten in 90% der Fälle mit Sicherheit bestimmen zu können. Auch SCHROEDER (1969) fand bei seinen Untersuchungen signifikante Unterschiede in den Spurenelementkonzentrationen der Proben von Frauen und Männern. So zeigten sich im Haar von Frauen höhere Konzentrationen von Magnesium, Kupfer, Kobalt und Nickel als im Haar von Männern. Männer- und Frauenhaar zeigte aber dieselbe Konzentration an Zink, Kadmium, Chrom und Blei. Die Unterschiede in der Konzentration von Kupfer und Nickel waren besonders groß.

III. Altersabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen.

Eine Auswertung von Diagrammen und Kurven, die von den Mittelwerten aller Werte aus Geschlecht und Alter konstruiert wurde, enthüllte keine signifikanten Unterschiede bezogen auf Magnesium oder Zink, die auf das Alter Rückschlüsse zuließen.

Es zeigte sich aber ein Rückgang der Kadmiumkonzentration, die im 7.ten Jahrzehnt begann und der Bleikonzentration, beginnend im 5.ten Jahrzehnt. Die Kupferwerte der Männer verringerten sich vom 2.ten Jahrzehnt an. Die Kupferwerte der Frauen, die während der drei ersten Jahrzehnte hoch gewesen waren (71 bis 131 $\mu\text{g/g}$), fielen plötzlich im 5.ten Jahrzehnt, bis sie Werte erreichten, die denen der Männer ähnlich waren (17 $\mu\text{g/g}$). SCHROEDER (1969)

IV. Farbabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen.

Bei der Untersuchung von SCHROEDER (1969) wurden Durchschnittskonzentrationen von Spurenelementen nach Haarfarbe verglichen, und zwar bei Personen mit grauem, blondem, rotem, schwarzem und braunem Haar. Haare von graubehaarten Männern enthielten weniger Kupfer als Haare mit Naturfarbe. Graubehaartes Frauenhaar enthielt weniger Kupfer, Kadmium und Blei als naturfarbendes Frauenhaar. Braunes Frauenhaar zeigte die höchste Konzentration an Kupfer, aber der Unterschied zu anderen Haarfarben war nicht sehr hoch. Das naturfarbene Haar der Frauen enthielt mehr Kupfer, Blei, Nickel und Zink als naturfarbendes Haar der Männer. Graues Frauenhaar enthielt mehr Magnesium, aber weniger Kadmium und Blei als graues Männerhaar. Unterschiede der Metallkonzentrationen verschiedener Haarproben von weißer Farbe und von grauer Farbe wurden nicht festgestellt.

Weiterhin wurden die Spurenelemente in blondem, braunem und schwarzem Haar untersucht und Vergleiche der beiden Geschlechter aufgestellt. Es wurden keine besonderen Unterschiede in den Werten von Kupfer oder Chrom gefunden. Aber männliches, blondes Haar hatte weniger Zink als schwarzes oder rotes Haar und weibliches, blondes Haar weniger Zink als rotes oder braunes. Blondes Haar beider Geschlechter hatte weniger Zink als graues und weißes Haar. Männliches braunes, blondes oder rotes Haar hatte weniger Magnesium als schwarzes, weibliches braunes Haar weniger als rotes Haar.

Von früheren Untersuchungen wußte man auch, daß rotes Haar eine relativ hohe Konzentration an Eisen enthält und daß im weißen Haar niedrigere Konzentrationen von Mangan vorhanden sind.

KIKKAWA (1955) vertrat die Meinung, daß die Farbe des Haares von dessen Gehalt an Eisen, Kobalt, Nickel, Molybdän und Kupfer abhängig ist. Mit Gewißheit weiß man aber nur, daß rotes Haar viel Eisen enthält.

Nach den Untersuchungen von SCHROEDER (1969) enthält depigmentiertes Frauenhaar weniger Kupfer, Kadmium und Blei.

Da diese Veränderungen nicht bei Männerhaar gefunden wurden, ist es unwahrscheinlich, daß sie in Zusammenhang mit dem Ergrauen des Haares stehen. Die einzigen signifikanten Zusammenhänge, die zwischen Haarfarbe und Spurenelementen gefunden wurden, waren die relativ niedrigen Konzentrationen von Zink in blondem Haar, die niedrigen Konzentrationen von Magnesium in braunem Haar und die niedrigen Konzentrationen von Kadmium in schwarzem Haar. Es ist aber nicht bekannt, inwieweit diese Elemente auf die Haarfarbe Einfluß haben.

V. Umweltabhängige Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen.

COLLMANN stellte bei rund 5% der gelieferten Haarproben einen extrem hohen Wert gewisser Elemente fest, und ein Zusammenhang mit dem ausgeübten Beruf fiel auf. Obwohl die Haare vor der Analyse gründlich gewaschen wurden, fand man z.B. hohe Kupferwerte bei Metallarbeitern, Antimon bei Druckern und Chrom bei Galvanoplastikern. Andere Elemente, wie z.B. Brom und Jod, stammten aus Substanzen, die bei Dauerwellen oder anderen haarkosmetischen Behandlungen verwendet wurden. Hohe Werte von Kalzium fand man im Haar der Menschen, die aus Gegenden mit hartem Wasser kamen.

Man könnte auch aus dem im folgenden kurz geschilderten Fall schließen, daß Kupfer auch aus der Umwelt vom Haar absorbiert werden kann. Ein Mann, etwa 60 Jahre alt, zeigte bei Messungen, die dreimal im Jahr durchgeführt wurden, Konzentrationen von 425 bis 486 µg Kupfer/g in seinem weißen Haar. Er hatte die Gewohnheit, lange und ausgiebig in sehr weichem Quellwasser zu duschen. Das Wasser kam durch eine 200 m lange Kupferleitung. Es enthielt 1,4 mg Kupfer/l. Die Untersuchung seines Harns zeigte eine normale Konzentration von 70 µg Kupfer/l.

VI. Das Verhältnis zwischen den Spurenelementkonzentrationen im Haar und den Gesamtkörperkonzentrationen dieser Elemente.

Die Frage, ob die Konzentrationen der Spurenelemente im Haar zu den Gesamtkörperkonzentrationen dieser Spurenelemente analog sind, ist gestellt worden.

Obwohl ernste Mangelzustände eines wesentlichen Elementes wahrscheinlich mit niedrigen Konzentrationen in Blut, Harn und oft im Haar verbunden sind, so gibt es keine Daten, die das Umgekehrte in Bezug auf Haare beweisen.

VII. Konzentrationen der im Haar vorhandenen Spurenelemente.

Eine Untersuchung über Spurenelemente im Kopfhair des Menschen ist von PERKONS (1966) mittels Aktivierungsanalyse durchgeführt worden. Das Vorhandensein von 18 verschiedenen Spurenelementen wurde nachgewiesen und die quantitative Bestimmung von rund 600 Haarproben ausgewertet. Ein Teil dieser Resultate ist dazu benutzt worden, Konzentrations-Verteilungs-Histogramme herzustellen.

Die meisten Abbildungen zeigen eine logarithmisch-normale Verteilung. Dies ist auch bei Natrium und Zink zu sehen (Abb. 1 u. 2). Sie zeigen ein geringes Vorkommen von sowohl sehr niedrigen wie den sehr hohen Konzentrationen. Die meisten Menschen haben im Haar Natriumkonzentrationen zwischen 1000 und 3400 ppm und Zinkkonzentrationen zwischen 300 und 1100 ppm. Die beiden nächsten Abbildungen (Abb. 3 u. 4) zeigen ein ähnliches Muster für Kupfer und Gold, obwohl das Vorkommen der niedrigen Goldkonzentrationen ziemlich häufig ist. Dieses Kennzeichen ist sogar noch stärker sichtbar in den beiden nächsten Abbildungen für die Quecksilberwerte (Abb. 5) und besonders für die Bromwerte (Abb. 6), wobei der Hauptanteil der Konzentrationen im niedrigen Bereich liegt. Obwohl die höchsten entdeckten Bromkonzentrationen über 1500 ppm lagen, so enthielten 45% aller Proben eine Brommenge, die niedriger als 100 ppm (hauptsächlich bei 60 ppm) lag, und 75% der Proben enthielten weniger als 200 ppm. Chrom und Arsen dagegen zeigen wieder (Abb. 7 u. 8) eine deutliche log. normale Verteilung. Die Verteilung des nächsten Elementpaares, Gallium und Mangan, scheint anders zu sein. Sie zeigt eine gleichmäßige Abnahme des Vorkommens in den beiden Richtungen von den Mittelkonzentrationen 85 ppm für Gallium und 12 ppm für Mangan (Abb. 9 u. 10).

Das letzte Paar der Mikrobestandteile, für welche Abbildungen erstellt wurden, waren Antimon und Lanthan. Beide folgten annähernd demselben Verteilungsmuster wie die vorhergehenden Bestandteile (Abb. 11 u. 12).

Außer den 12 oben geschilderten Komponenten sind 64 weitere entdeckt worden, darunter Selen in 46 Fällen mit Konzentrationen von 0,17 bis 7,21 p.p.m., Silber in 26 Fällen (0,92-21,2 p.p.m.), Germanium in 16 Fällen (3,49-1,26 p.p.m.), Nickel in 11 Proben (8,14-233,8 p.p.m.), Caesium 6 mal (0,0024-2,08 p.p.m.) und Strontium 2 mal (0,007-0,03 p.p.m.).

Anzahl der Haarproben

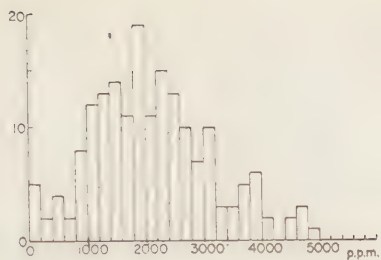


Abb. 1
Verteilung von Na im Haar

Anzahl der Haarproben

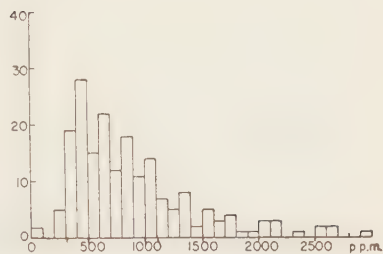


Abb. 2
Verteilung von Zn im Haar

Anzahl der Haarproben

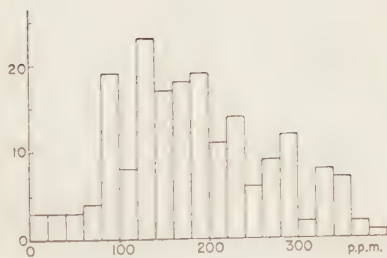


Abb. 3
Verteilung von Cu im Haar

Anzahl der Haarproben

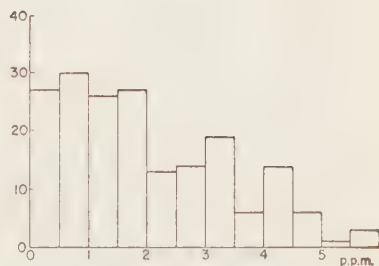


Abb. 4
Verteilung von Au im Haar

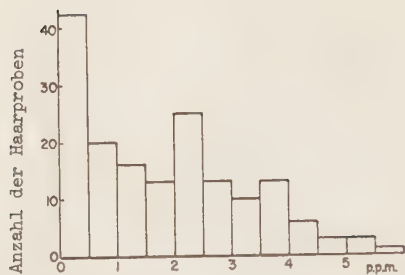


Abb. 5
Verteilung von Hg im Haar

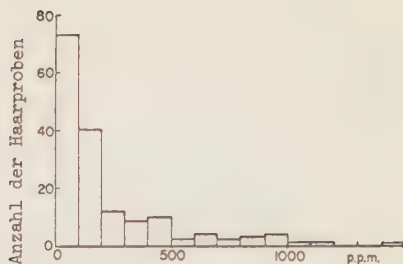


Abb. 6
Verteilung von Br im Haar

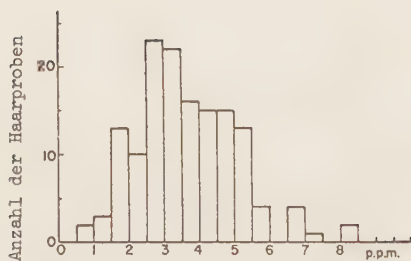


Abb. 7
Verteilung von Cr im Haar

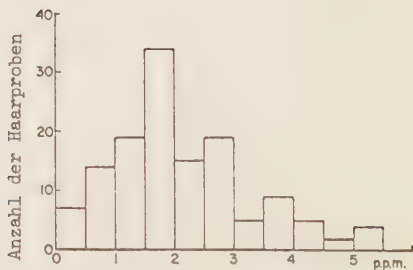


Abb. 8
Verteilung von As im Haar

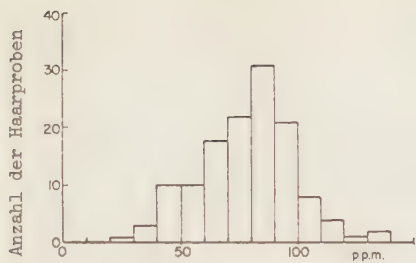


Abb. 9
Verteilung von Ga im Haar

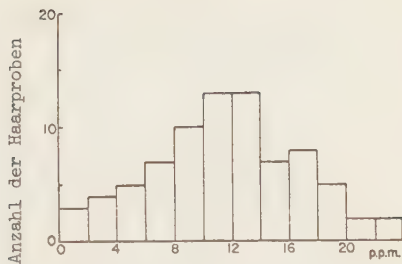


Abb. 10
Verteilung von Mn im Haar

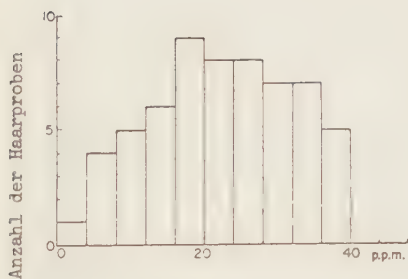


Abb. 11
Verteilung von Sb im Haar

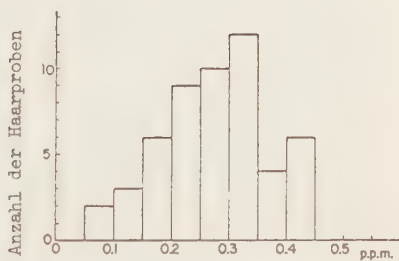


Abb. 12
Verteilung von La im Haar

1. Metalle

1) Blei

Das Haar gesunder Personen besitzt eine größere Bleikonzentration pro Gramm als andere Gewebe oder Körperflüssigkeiten (Knochen, Blut und Urin). So liegt die Bleikonzentration im Haar 2 bis 5 mal höher als in Knochen, rund 10 bis 50 mal höher als im Blut und 100 bis 500 mal höher als im Urin.

KOPITO (1967) analysierte quantitativ die Menge Blei im Haar bei Kindern, die an chronischer, leichter oder subakuter Bleivergiftung litten. Der Autor untersuchte eine Gruppe von 17 Patienten, die wegen Bleivergiftung ins Krankenhaus eingewiesen waren. Die ersten 6 Patienten zeigten chronische Symptome und die nächsten 10 sowohl akute als auch chronische Symptome. Nur 2 Patienten waren älter als 3 Jahre und 8 Monate. Alle waren während der Sommermonate ins Krankenhaus eingewiesen.

Die Diagnose Bleivergiftung wurde auf Grund des klinischen Bildes und der Laboruntersuchungen gestellt und später durch die Exkretion von großen Mengen Blei im Harn als Antwort auf die medikamentöse Therapie bestätigt.

Bei der Untersuchung ging man folgendermaßen vor:

Von jedem der 17 Patienten wurden Haarproben ganz dicht an der Kopfhaut abgeschnitten. Das Gewicht betrug wenigstens 100 mg. Weitere Haarprobestücke wurden von 41 Einwohnern aus Boston oder der Nachbarschaft geliefert. Sie dienten als Kontrollgruppe. Die Patienten waren alle jünger als 8 Jahre.

Das Haar wurde in Segmente geschnitten, die 5 bis 10 mm lang waren und wenigstens 10 mg wogen. Wenigstens 2 Segmente waren notwendig für die Untersuchung, mehrere aber erwünscht. Jedes Segment wurde gleich behandelt. Zuerst wurde es genau gewogen, dann in einem mechanischen Müttelbecher gewaschen und in ionenfreiem Wasser gekocht, damit die meisten der wasserlöslichen Natrium-, Kalium-, Kalzium- und Magnesium-Salze entfernt wurden.

Das gewaschene Haar wurde dann in einen 100 ml Teflonbecher gelegt und in Salpeter- und Perchlorsäure (5:1) aufgelöst, bis nur ein paar Tropfen blauer Flüssigkeit zurückblieben. Diese Lösung wurde dann aufgefüllt mit ionenfreiem Wasser 1:50 (Haargewicht zu Wasservolumen). Die Bleikonzentrationen wurden quantitativ mittels Atomabsorptionsspektroskopie gemessen.

Ergebnis: Mit einer Ausnahme zeigten alle Patienten entweder erhöhte Bleikonzentrationen im Haar oder deutliche Unterschiede in der Bleikonzentration der verschiedenen Haarsegmente. Sechs Patienten zeigten eine ziemlich gleiche und markant erhöhte Bleikonzentration in allen analysierten Haarsegmenten. Die Werte schwankten zwischen 107 und 975 $\mu\text{g/g}$ Haar. Bei 8 Patienten war die Bleikonzentration in dem proximalen Haarsegment 1,5 bis 3,8 mal größer als in dem Nachbarsegment. Diese 3-fache Erhöhung der Bleimenge in dem proximalen Haarsegment weist auf eine abnormale Anhäufung von Blei hin, die rund 4 bis 6 Wochen vor der Einlieferung ins Krankenhaus stattfand.

Die Durchschnittskonzentration von Blei, die im Haar der 41 Kinder aus Boston gefunden wurde, betrug 24 $\mu\text{g/g}$ Haar. Die Durchschnittskonzentration der Patienten mit Bleivergiftung lag also 10 mal höher als die der Kontrollgruppe.

KOPITO (1969) hat auch eine andere Untersuchung über chronischen Plumbismus bei Kindern durchgeführt. Dabei war die Bestimmung von Blei im Kopfhaar eine sehr wertvolle diagnostische Hilfe, besonders, weil die anderen klinischen Befunde und Laboruntersuchungen von fraglicher diagnostischer Qualität waren. Da Haar andauernd wächst und dadurch Blei über eine lange Zeit speichert, kann es verwendet werden, um Zeitpunkt und Dauer der Bleiaufnahme festzustellen. Es ist auch einfach, Haar zu erhalten, aufzubewahren und zu analysieren, und es kann so als praktisches Mittel dienen, um bei Kleinkindern eine Bleivergiftung festzustellen.

Die Diagnose chronischer Bleivergiftung ist bei Kindern oft schwierig zu stellen.

Die Symptome sind oft schwach oder nicht spezifisch. Die klassischen Symptome sind Erbrechen, Schlaflosigkeit, Verstopfung, Appetitlosigkeit, Bauchweh, Irritabilität und Lethargie. Diese Symptome können mit den gewöhnlichen Kinderkrankheiten verwechselt werden. So berichtet JACOBINER (1966), daß 76% von 300 Kindern mit festgestelltem Plumbismus keine Beschwerden hatten. Die Konzentration von Blei im Blut und Harn, zusätzliche Röntgenuntersuchungen des Gastrointestinaltraktes und "Schwermetalllinien" an den Enden der langen Röhrenknochen ergeben die Diagnose.

Der Autor erzählt von einer Familie mit 4 Kindern und von einer kleinen Cousine in der Nachbarschaft. Der Verdacht auf Bleivergiftung wurde durch die Feststellung großer Mengen Blei im Haar mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie bestätigt.

Fall 1

Dieses Mädchen war 5 Jahre und 9 Monate alt, als es im November 1967 im Krankenhaus aufgenommen wurde. Das Mädchen war mit 2 1/2 Jahren schon einmal wegen Bleivergiftung in einem anderen Krankenhaus behandelt worden. Damals hatte sie gebrochen und über Bauchschmerzen geklagt. Das Blei sollte vom Schmutz im Hof der Familie stammen.

Im September 1967, also zwei Monate vor der Krankenhausaufnahme, hatte sie an Verstopfung, Bauchweh und Lethargie gelitten. Sie hatte auch manchmal Fieber mit Temperaturen bis zu 40,2° C gehabt. Drei Wochen vor der Aufnahme beobachtete die Mutter, daß das Kind bemalten Mörtel in den Mund steckte. Es hatte dann anschließend gebrochen und über Bauchweh geklagt. Die Mutter brachte das Kind ins Krankenhaus. Es wurde auf Bleivergiftung untersucht. Proben vom Haar und Blut wurden genommen. Die Bleikonzentration in einem 2-cm-Haarsegment nahe der Kopfhaut betrug 165 µg/g Haar. Ein Haarsegment 2-5 cm distal von der Kopfhaut enthielt 195 µg Blei pro Gramm Haar. Dies war ungefähr 3-4 mal der Durchschnittskonzentration vom Blei im Haar anderer Kinder, die in der Nachbarschaft wohnten.

Die anderen Laboruntersuchungen (Blut, Urin, Röntgen) bestätigten die Diagnose.

Gleich nach der Krankenhausaufnahme des ersten Kindes wurden Haarproben von seinen drei Geschwistern (Fall 2, 3 und 4) und von einer Cousine (Fall 5) genommen. Sie hatten alle zusammen im Hof des Hauses während des letzten Sommers gespielt. Alle Haarproben zeigten hohe Bleikonzentrationen. Haar- und Blutproben wurden auch von den Eltern der Kinder entnommen (Ergebnisse siehe unten).

Fall 2

Dieses Mädchen war 4 Jahre und 8 Monate alt bei der Aufnahme ins Krankenhaus. Man hatte es auch im vergangenen Sommer Mörtel essen sehen. Vier Wochen vor der Aufnahme hatte es auch über Bauchweh geklagt. Es hatte blondes Haar von etwa 15 cm Länge. Rund 300 mg Haar wurden dicht an der Kopfhaut abgeschnitten und in 6 Teile von jeweils 25 mm Länge geschnitten. Die Bleikonzentration von jedem Teil wurde festgestellt. Sie betrug 53 µg/g Haar in dem Segment, das der Kopfhaut am nächsten war und 195 µg/g in dem distalen Segment. Die Bleikonzentration im Blut betrug 63 µg/100 g, aber die über 8 Stunden gesammelte Urinprobe enthielt nur 20 µg, was als Normalwert angesehen werden kann.

Fall 3

Dieser Junge wurde zur selben Zeit wie seine Schwester ins Krankenhaus eingeliefert. Er war damals 2 Jahre und 1 Monat alt. Er war klein, bleich, aber lebhaft und sah nicht krank aus. Er zeigte keine Symptome, die auf Bleivergiftung deuten könnten. Aber auch er hatte im letzten Sommer im Hof des Hauses Mörtel gegessen. Die Bleikonzentration seines Haares betrug 225 µg/g. Das Blut enthielt 66 µg/100 g, aber der Harn von 8 Stunden enthielt nur 5 µg Blei (normaler Wert).

Fall 4

Dieses Mädchen war 7 Jahre und 4 Monate alt. Es zeigte keinerlei Symptome auf Bleivergiftung. Das Haar zeigte aber eine Bleikonzentration von 213 µg/g, und sein Blut enthielt 56 µg Blei/100 g (höher als normal).

Fall 5

Dieses Mädchen, das 3 Jahre und 1 Monat alt war, war eine Cousine der anderen Kinder und hatte oft mit ihnen im vergangenen Sommer gespielt. Man hatte bemerkt, daß es an der bemalten Wand gekratzt hatte, aber nie etwas in seinem Mund entdeckt. Die Bleikonzentration seines Haares betrug $166 \mu\text{g/g}$ in dem kopfhautnahen Segment und $263 \mu\text{g/g}$ in dem distalen Segment. Das Mädchen war gut entwickelt, fröhlich und aktiv. Seine Blut-Blei-Konzentration war $28 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, und seine Harnprobe enthielt nur $20 \mu\text{g}$ Blei/l; beides normale Werte.

Wie oben schon erwähnt, nahm man auch Haar- und Blutproben von den Eltern. Die Bleikonzentrationen des Blutes lagen innerhalb normaler Grenzen. Sie betrugen $31 \mu\text{g}$ bzw. $18 \mu\text{g}$ pro 100 g Blut. Das Haar der Mutter, das 20 cm lang war, wurde in 4 Sektionen analysiert. Die Bleikonzentration schwankte zwischen $13 \mu\text{g}$ und $38 \mu\text{g}$ pro Gramm Haar.

Man untersuchte auch die möglichen Bleiquellen der Umgebung. Das warme und kalte Wasser in der Wohnung der Familie enthielt $0,050$ und $0,026 \text{ mg}$ Blei/l; dieses kann als normal betrachtet werden. Verschiedene Farbproben, die von einer Anzahl Zimmer des Hauses genommen wurden, enthielten bis zu 4% des Gewichtes an Blei. Eine Schicht von bleihaltiger Farbe wurde unter mehreren Schichten anderer Farbe gefunden. Am Ende des Innenhofes des Hauses fanden sich Brocken von Bleifarbe, welche von der Außenseite des Hauses abgeschabt waren. Diese Teile enthielten mehr als 20% Blei, aber die Konzentration von Blei pro Gewichtseinheit Erde betrug nur 2%.

Bei einer Kontrolluntersuchung von 93 gesunden Kindern unter 17 Jahren fand man eine Durchschnittskonzentration von $31 \mu\text{g}$ Blei/g Haar. Dagegen hatten 20 Kinder unter 8 Jahren, die an chronischem oder akutem und chronischem Plumbismus litten, einen Durchschnittswert von $276 \mu\text{g}$ Blei/g Haar. Die Werte der o.g. Fälle 1 - 5 stimmten mit diesen Werten auffallend überein.

2) Quecksilber

Eine Untersuchung über den Quecksilbergehalt in Blutkörperchen, Blutplasma und Haar ist von TEJNING (1969) durchgeführt worden. Man hatte 1965 festgestellt, daß schwedischer Binnenseefisch Quecksilber-Werte aufwies, die sehr viel größer waren als die von der WHO empfohlenen Höchstwerte. Bei der Untersuchung von Quecksilber in Fischen von verschiedenen schwedischen Binnenseen fand man oft Werte von 0,4 - 1 mg/kg. In Fischen von einigen Seen sogar sehr hohe Werte von 1 - 5 mg/kg. Anfang des Jahres 1967 betrug in Schweden der höchste in einem Fisch gefundene Quecksilber-Gehalt 9,8 mg/kg. Das Quecksilber im Fisch stammte wahrscheinlich aus Verunreinigungen, die in Wasser und Luft enthalten waren und industriellen Ursprung hatten. In erster Linie waren es Chlor-Alkali- und Papierindustrien, aber auch andere Industriezweige, die mit Schwefelsäure und Natronlauge arbeiten.

WESTÖÖ (1967) stellte fest, daß das in schwedischem Fisch gefundene Quecksilber zu rund 90% aus Methylquecksilber bestand. JENSEN und JERNELÖV (1967) entdeckten, daß Organismen im Bodenschlamm der Seen anorganisches Quecksilber in Methylquecksilber umwandeln können. Als zulässiger Nahrungsmittel-Grenzwert wurde in Schweden 1 mg Quecksilber pro kg Fisch empfohlen.

Daraufhin hat man Untersuchungen in der Arbeitsmedizinischen Klinik in Lund über den Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen, Blutplasma und Haar angestellt bei Personen mit

1. keinem Fischkonsum;
2. regelmäßigem aber kleinem Fischkonsum (0,5-1 Fischmahlzeit von Salzwasserfisch pro Woche);
3. regelmäßigem hohem Konsum von Salz- und Süßwasserfisch.

Dazu hat man den Quecksilbergehalt in Blutkörperchen und Blutplasma bei Frauen mit geringem Salzwasserfisch-Konsum sowie ihrer neugeborenen Kinder untersucht.

Außerdem wurde der Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und Plasma zweier Großkonsumenten von Süßwasserfisch vor und nach dem Aufhören der Einnahme untersucht.

1. Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen, Plasma und Haar bei Nicht-Fischessern.

Bei einem 21-jährigen Mann, der nie Fisch irgendeiner Art gegessen hatte, betrug der Quecksilber-Gehalt der Blutkörperchen 4,6 ng/g, der des Plasmas 0,8 ng/g und der des Haares 920 ng/g. Bei einer 80-jährigen Frau, die während der letzten Jahre keinen Fisch gegessen hatte, betrug die Quecksilber-Konzentration der Blutkörperchen 4,9 ng/g und die des Plasmas 1,1 ng/g. Das Haar wurde leider nicht untersucht.

2. Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und im Plasma bei 83 klinisch gesunden Personen (58♂, 25♀) im Alter von 17 bis 66 Jahren, welche höchstens eine Mahlzeit von Salzwasserfisch/Woche gegessen hatten.

Quecksilber in Blutkörperchen: $10,06 \pm 0,29$ ng/g

Quecksilber im Plasma: $2,27 \pm 0,12$ ng/g

Man stellte dabei keinen Unterschied in der Konzentration zwischen jüngeren und älteren Männern fest.

Bei dieser Untersuchung wurden Haare nicht untersucht. Nach PERKONS und JERVIS betrug aber der Durchschnittsgehalt von Quecksilber im Haar bei 780 Kanadiern rund 1500 ng/g.

3. Quecksilber-Gehalt im Blut bei Müttern und deren neugeborenen Kindern.

Haarproben wurden nicht genommen.

4. Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und Plasma (nicht im Haar) bei Großkonsumenten (= 4 Fischmahlzeiten/Woche, bestehend aus Salzwasserfisch).

5. Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen, Plasma und Kopfhaar von Großkonsumenten (= 3 Fischmahlzeiten/Woche, bestehend aus Binnenseefisch mit einem Durchschnittsgehalt von rund 1 mg Quecksilber/kg).

Dabei wurden 51 Personen untersucht, die in 4 verschiedenen Gegenden am Vänensee wohnten. Das Durchschnittsalter betrug 52 ± 2 Jahre und der Durchschnittskonsum 3 Fischmahlzeiten/Woche. Der Durchschnittsquecksilber-Gehalt in Blutkörperchen war $58,2 \pm 6,1$ ng/g, im Plasma $7,3 \pm 0,8$ ng/g und im Haar 7911 ± 852 ng/g.

6. Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und Plasma von 2 Essern von Süßwasserfisch mit bekanntem durchschnittlichem Quecksilber-Gehalt.

Dabei untersuchte man zwei Männer, die rund 40 Jahre alt waren. Sie hatten während längerer Zeit regelmäßig Fisch von zwei verschiedenen Binnenseen gegessen. Der Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und Plasma betrug bei dem einen Mann 29 ng/g und 3,8 ng/g und bei dem anderen Mann 38 ng/g und 4,7 ng/g. Der erste Mann, dessen Quecksilber-Gehalt im Haar aus der Achselhöhle 3100 ng/g betrug, hatte im Durchschnitt 1 1/2 Fischmahlzeiten/Woche gegessen. Weitere Ergebnisse siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Durchschnittlicher Quecksilber-Gehalt in Blutkörperchen und im Blutplasma bei Personen mit regelmäßigem Konsum von Süßwasserfisch einmal pro Woche (Gruppe 0) sowie in Blutkörperchen, Plasma und Haar von Personen, die mehrmals pro Woche Fisch aus dem Vänensee (Binnensee) speisten (Gruppe 1, 2, 3 und 4).

Gruppe	Zahl d. Pers.	Alter	Hg-Gehalt Blut- körp.	(ng/g) im Plasma	im Haar	Zahl d. Fisch- mahl./ Woche
0	83	17-66	10 $\pm$ 0,3	2,3 $\pm$ 0,1	-*)	0 - 1
1	14	49 $\pm$ 3,8	37 $\pm$ 8,8	4,8 $\pm$ 1,0	4716 $\pm$ 1076	3,0 $\pm$ 0,2
2	12	55 $\pm$ 4,6	91 $\pm$ 15,0	13,4 $\pm$ 2,9	11720 $\pm$ 2490	3,0 $\pm$ 0,2
3	10	53 $\pm$ 4,1	59 $\pm$ 15,8	5,8 $\pm$ 1,0	8225 $\pm$ 1627	3,7 $\pm$ 0,6
4	15	51 $\pm$ 3,8	51 $\pm$ 6,6	6,4 $\pm$ 0,8	7638 $\pm$ 1125	3,0 $\pm$ 0,2
1 + 4	29	50 $\pm$ 2,7	44 $\pm$ 5,5	5,7 $\pm$ 0,7	6227 $\pm$ 809	3,0 $\pm$ 0,1
2 + 3	22	54 $\pm$ 3,0	77 $\pm$ 11,2	9,8 $\pm$ 1,8	10131 $\pm$ 1563	3,3 $\pm$ 0,3

*) Haar wurde hier nicht untersucht

3) Chrom

Eine Untersuchung über die Chromkonzentration im Haar ist von HAMBIDGE (1969) durchgeführt worden. Er untersuchte dabei zwei Gruppen junger erwachsener Frauen. Die eine Gruppe, die aus 10 Frauen bestand, die noch nie geboren hatten, zeigte eine Durchschnittskonzentration von Chrom im Haar, die 0,75 µg/g betrug. Die zweite Gruppe, die aus 11 Frauen bestand, die schon wenigstens eine Geburt hinter sich hatten, zeigte eine Durchschnittskonzentration von 0,22 µg/g. Der Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigte also einen signifikanten Unterschied.

Die Erschöpfung der mütterlichen Vorräte einer Gruppe wesentlicher Nährstoffe während der Schwangerschaft ist bewiesen worden. Aber die Kenntnisse darüber sind im Hinblick auf einige wichtige Spurenelemente unvollständig. Es gibt z.B. keine bekannten Unterlagen über den Chromgehalt im Körper gebärender Frauen. Dies ist bemerkenswert im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Chrommangel und Kohlehydratüberempfindlichkeit.

Es ist bekannt, daß die Chromkonzentration beim Menschen mit fortschreitendem Alter sinkt, und es scheint, daß Chrommangel bei Erwachsenen nicht selten ist. Man könnte deshalb erwarten, daß dies besonders bei gebärenden Frauen zutreffen würde.

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um festzustellen, ob tatsächlich ein Zusammenhang zwischen Gebärfähigkeit und Körperchromgehalt bestand.

Man ging bei diesen Haaranalysen folgendermaßen vor: Haarproben wurden von gesunden Frauen, die zwischen 20 und 40 Jahre alt waren, gesammelt. Unter ihnen waren sowohl solche mit Geburten wie auch solche ohne Geburten. Kein gebleichtes Haar wurde untersucht. Nachdem das Haar dreimal gewaschen war, wurde davon eine genau gewogene Probe naß verascht in einer Lösung aus Salpetersäure, Perchlorsäure und Schwefelsäure (10:2,5:1).

Die Lösung wurde dann verdünnt, Chrom zu seiner sechswertigen Stufe oxidiert und mit Methylisobutylketon extrahiert. Die Chromkonzentration wurde mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie bestimmt.

Die individuellen Resultate jeder Gruppe werden in Tabelle 2 gezeigt. Bei dieser Untersuchung wurde kein Versuch gemacht, die Chromkonzentrationen innerhalb der Gruppe der gebärenden Frauen mit der Zahl der Geburten oder die verstrichene Zeit seit der letzten Geburt zu vergleichen.

Tabelle 2: Chromkonzentrationen im Haar

Frauen ohne Geburten ($\mu\text{g/g}$)	Frauen mit wenigstens einer Geburt ($\mu\text{g/g}$)
0,30	0,05
0,35	0,05
0,40	0,15
0,50	0,15
0,80	0,25
0,90	0,30
1,00	0,35
1,10	0,35
1,50	0,40
2,20	0,50
-	0,50
Mittelwert	
0,75	0,22

Die Chromkonzentrationen im Haar der Gruppe mit Geburten lagen konstant niedriger als diejenigen der anderen Gruppe. Man hat sogar bei Untersuchungen in Familien festgestellt, daß die Chromwerte der Mütter ohne Ausnahme niedriger lagen als diejenigen der anderen Familienmitglieder. Man weiß auch, daß die Zufuhr von Chrom durch die Nahrung unzureichend ist. Man nimmt deshalb an, daß Chrommangel ein wichtiger ätiologischer Faktor bei Glukoseüberempfindlichkeit während der Schwangerschaft ist.

In einer anderen Arbeit von HAMBIDGE (1968) wird die Chromkonzentration im Haar normaler Kinder mit der von Kindern mit juvenilem Diabetes Mellitus verglichen.

Ein Zusammenhang zwischen Chrommangel und verminderter Glukosetoleranz ist bei Tieren und bei erwachsenen Menschen in Laboruntersuchungen festgestellt worden. Bei Kindern ist dies wahrscheinlich auch der Fall. Man hat bis jetzt die Chromkonzentration im Blutplasma gemessen, um Chrommangel feststellen zu können. Diese Messung von Plasmachrom ergibt technische Schwierigkeiten. Die Haaranalyse ist aber mit Erfolg zur Entdeckung von Mangel als auch Überschuß von Spurenelementen verwendet worden. Ein kennzeichen vieler Spurenelemente, inklusive Chrom, ist, daß sie normalerweise im Haar wenigstens 10 mal konzentrierter vorhanden sind als im Blut.

Bei der Untersuchung ist man folgendermaßen vorgegangen: Man nahm Haarproben, die rund 1 g wogen, von Kindern mit juvenilem Diabetes. Die meisten von ihnen hatten schon mehrere Jahre Insulin bekommen. Kontrollproben wurden von gesunden, nicht verwandten Kindern aus der Nachbarschaft gesammelt. Die Proben wurden gewaschen, über Nacht in einem Ofen bei 110° getrocknet, abgekühlt und dann wieder gewogen. Die getrockneten Haarproben wurden in 13,5 ml einer Mischung verschiedener Säuren mineralisiert, bis eine farblose Lösung entstand. Diese Lösung wurde mit deionisiertem Wasser verdünnt und das vorhandene Chrom in seine sechswertige Form durch Zusatz von Kaliumpermanganat in der Hitze oxidiert. Die Konzentration des Chromes wurde mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie bestimmt.

Der geometrische Mittelwert bei 33 gesunden Kindern betrug $0,85 \mu\text{g Chrom/g Haar}$. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern gefunden. Bei den 19 Kindern mit juvenilem Diabetes betrug der Mittelwert $0,56 \mu\text{g/g}$. auch hier konnte man keinen Zusammenhang zwischen Alter oder Geschlecht sehen.

Die Chromkonzentrationen im Haar Erwachsener scheinen beeinflußt zu werden sowohl von Geschlecht als auch von der Gebärfähigkeit. Aber die Mittelwerte aller Gruppen Erwachsener liegen niedriger als diejenigen gesunder Kinder. Diese Tatsache unterstützt die Auffassung, daß die Gewebekonzentration sich mit dem Alter verringert. Es sollte aber unterstrichen werden, daß relativ niedrige Werte von Personen aller Gruppen erhalten wurden. Dies zeigt, daß ein Chrommangel nicht nur bei den Älteren vorkommt. In diesem Zusammenhang ist es beachtenswert, daß die einzige Haarprobe, welche kein Chrom enthielt, von einem 17-jährigen Mädchen mit juvenilem Diabetes, das noch nie entbunden hatte, stammte. Diese genannten Unterschiede über den Chromgehalt im Haar sollten genau erforscht werden, um die Rolle, die dieses Spurenelement bei juvenilem Diabetes spielt, feststellen zu können.

4) Kupfer

In einer Untersuchung von KLEVAY (1970) wurden Zusammenhänge zwischen Kupfergehalt im Haar, in roten Blutkörperchen und im Plasma gesucht. Ein Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt im Haar und Alter, Geschlecht und Schwangerschaft-Stillen wurde dabei auch geprüft.

Der Autor wollte mit dieser Arbeit die Hypothese testen, daß Haar als Biopsie-Material verwendet werden könnte, um die Kupfer-Einnahme durch die Nahrung zu schätzen.

Bei dieser Untersuchung wurden von etwa 10% der Bevölkerung Panamas Haarproben genommen. Die Personen waren im Alter von 1 Monat bis zu 83 Jahren. Man schnitt 0,1 g schwere Haarproben ab; sie wurden erst mit Azeton und Äther extrahiert, dann in einer Natrium-Lauryl-Sulfat-Lösung und in demineralisiertem wasser gewaschen und anschließend in der Luft über Nacht getrocknet. Die Proben wurden dann über Kalziumsulfat für wenigstens 3 Tage getrocknet, bis sie anschließend genau gewogen wurden. Die Haaranalysen wurden mittels Atomabsorptionsspektrometrie durchgeführt.

Die Ergebnisse über den Kupfergehalt des Haares wurden nach Geschlecht und steigendem Alter geordnet. Schwangere und stillende Frauen wurden für sich ausgewertet, da es sich bei einer früheren Untersuchung über Zink gezeigt hatte, daß Schwangerschaft und Stillen den Zinkgehalt des Haares beeinflußt hatten.

Bei der Auswertung der Ergebnisse stellte man fest, daß der Kupfergehalt des Haares sowohl vom Alter als auch vom Geschlecht abhängig ist. Kinder unter 8 Jahren hatten den höchsten Kupfergehalt. Bei Kindern über 8 Jahren und bei Erwachsenen konnte man dagegen keine Relation zwischen Kupfergehalt und Alter feststellen. Das Haar von Frauen enthält aber mehr Kupfer als Männerhaare. Die Ursache dafür ist unbekannt. Vielleicht hängt das mit dem höheren Gehalt von Kupfer im Serum der Frauen zusammen. Aber dies kann nicht die ganze Erklärung sein.

Viele andere Autoren haben auch auf einen plötzlichen Anstieg des Serumkupfers während der Schwangerschaft hingewiesen. KLEVAY (1970) konnte aber bei der Untersuchung der 18 schwangeren oder stillenden Frauen zeigen, daß kein Unterschied in dem Kupfergehalt des Haares gegenüber dem anderer Frauen bestand.

Man hat auch einen Zusammenhang zwischen Haarfarbe und Kupfergehalt des Haares diskutiert. Dies ist aber von anderen Autoren nicht bestätigt worden. Die von KLEVAY untersuchten Haarproben waren fast ohne Ausnahme alle braun oder schwarz.

REINHOLD (1966) untersuchte bei Shiraz, Iran, die Kupferkonzentrationen im Haar der Dorfbewohner (siehe auch Bericht über den Zinkgehalt im Haar der Dorfbewohner bei Shiraz, Iran, S. 30). Haarproben von denselben Menschen wurden untersucht. Das Haar wurde gewaschen und getrocknet, wie auf S. 31 berichtet. Bei der Analyse über den Kupfergehalt des Haares benutzte man die Methode von STONER und DASLER (1964). Man ging dabei folgendermaßen vor: Proben, die zwischen 20 und 50 mg wogen, wurden in einer Lösung, bestehend aus je 0,5 ml Wasser, Perchlorsäure und Salpetersäure aufgelöst. Das Digerieren wurde noch 10 Min. lang fortgesetzt, nachdem das Digerierte farblos geworden war. Die verbleibende Säure wurde dann abgeraucht. Als das Digerierte fast trocken war, wurden 0,2 ml einer 1-n Schwefelsäure zugesetzt. Es wurde 2 bis 3 Minuten lang erwärmt. Dann wurden 0,5 ml einer 8%-igen Natriumcitratlösung zugegeben. Der Ph-Wert wurde mittels Natriumhydroxid auf 8,3 eingestellt, indem man Phenolphthalein als Indikator benutzte. Dann wurden 10 ml von 25%-iger Natriumkarbonat-Lösung zugegeben. Das Überbleibsel wurde dann spektrophotometrisch ausgewertet.

Zugegebenes Kupfer wurde quantitativ wiedergewonnen. Proben von etwa 25, 50, 75 und 100 mg derselben Haarprobe gaben identische Ergebnisse. Die Genauigkeit der beschriebenen Analyse betrug $\pm 1,15 \mu\text{g}$ Kupfer pro Gramm.

Im Gegensatz zu den Befunden bei Zink waren die Kupferkonzentrationen im Haar der Dorfbewohner und der Kontrollgruppe fast dieselben.

Die kleinen Unterschiede waren nicht statistisch faßbar. Die Kupferkonzentrationen im Haar der Frauen neigten dazu, höher zu sein als die der Männer; aber auch hier waren die Unterschiede wiederum nicht signifikant.

Drei Personen zeigten ungewöhnlich hohe Kupferkonzentrationen in ihrem Haar: eine weibliche Kontrollperson, eine Dorfbewohnerin und ein Dorfmadchen von 9 Jahren.

Der Kupfergehalt im Haar von Kindern mit ernsthaft gestörter Ernährung verbunden mit Kwashiorkor ist vor kurzem untersucht worden. Niedrige Konzentrationen wurden zum Teil von MAC DONALD und WARREN (1961) beobachtet, aber andere Untersucher waren der Meinung, daß Veränderungen nicht unbedingt eintreten müssen (LEA und LUTTRELL (1965)). Unterschiede in der Kupferaufnahme können die Widersprüche erklären. Es ist aber klar, daß die Kupferkonzentration des Haares stark von der Ernährung abhängig ist.

5) Zink

PRASAD (1963) hat das Vorkommen von Zinkmangel bei einer Gruppe von Zwergen untersucht, die in Shiraz im Südwesten des Iran lebten. Dieser Wachstumsstillstand wurde von Anämie, Vergrößerung der Leber und Hypogonadismus begleitet, obwohl die Störungen der Leberfunktion minimal waren. Ähnliche Syndrome sind von PRASAD (1963) auch in verschiedenen Regionen Ägyptens gefunden worden. Er konnte klare Beweise dafür bringen, daß Zinkmangel die Ursache war. In Shiraz handelte es sich um junge Männer im Alter zwischen 12 und 16 Jahren. Man glaubt, daß das Zwergtum die Folge einer speziellen Empfindlichkeit ist, die aus dem ungewöhnlichen Verlangen nach Zink resultiert, verursacht durch schnelles körperliches Wachstum und durch Reifung der Gonaden und der zusätzlichen Geschlechtsorgane. Diese Erscheinungen können auftreten, falls die Zinkaufnahme ungenügend ist.

REINHOLD (1966) untersuchte daraufhin den Zinkgehalt der Nahrung der Einwohner aus dieser Gegend, aus der die Zwerge, die von PRASAD (1963) untersucht waren, stammten. Die Zinkaufnahme der ländlichen Bevölkerung aus der Umgebung von Shiraz ist nicht genau bekannt. Jedoch besteht die Nahrung fast aller Dorfbewohner vorwiegend aus Brot, das aus Weizen oder Gerste zubereitet wird. Brot wird bis zu einem gewissen Grad durch Obst, Wurzel- und Knollengemüse und manchmal durch getrocknete Bohnen, Reis und Blattgemüse ergänzt. Die Aufnahme von animalischem Protein ist im allgemeinen niedrig; die von Rohrzucker, der als Zugabe zu Tee oder gelegentlich zu Karbonatgetränken genommen wird, hoch. Das Getreide, das zum Brotbacken benutzt wird, enthält meßbare Konzentrationen an Zink. Vieles jedoch wird durch das Mahlen entfernt. Das Dorfwasser, das aus Brunnen und Flüssen erhalten wird, ist an Kalium und Magnesium reich und reagiert alkalisch. Dies sind Faktoren, welche die Zinkkonzentration des Wassers herabdrücken, und die im ganzen auf die Zinkabsorption des Gastrointestinaltraktes ungünstig einwirken.

Ein zusätzlicher Faktor, welcher auf die Verwertung von Zink und anderen Spurenelementen einwirken könnte, wäre das Vorkommen von Geophagie.

Drei Dörfer in der Größe von einigen Hundert bis zu mehreren Tausend Einwohnern wurden untersucht. Sie lagen 60 km von Shiraz entfernt. Das "Department of Health" sorgte für Freiwillige, die Haarproben lieferten. Das Haar konnte schnell erhalten werden und ohne Schwierigkeiten von aufgelagertem Zink und anderen Verunreinigungen befreit werden. Ausnahme war das Zurückbleiben von einigen kosmetischen Färbepreparaten. Zudem hatte das Haar den Vorteil, an erster Stelle unter den Geweben mit dem höchsten Zinkgehalt zu liegen. Beweise wurden gefunden, die darauf hindeuteten, daß Zink an das Haar fest gebunden ist und daß der Zinkgehalt ziemlich konstant über längere Zeit bleibt.

Während der Zeit, in der Haarproben von den Dorfbewohnern eingesammelt wurden, wurden auch ähnliche Haarproben von etwa der gleichen Zahl Personen, in Shiraz wohnhaft, gesammelt. Sie dienten als Kontrollobjekte. Sie waren zum größten Teil Studenten an der Pahlavi Universität. Ihre Nahrung war ausreichend und enthielt täglich Fleisch, Bier, Milch oder andere zinkhaltige Produkte. Die Lebensmittel in Shiraz, einer Stadt von fast 200 000 Einwohnern, werden nicht nur von der Umgebung geliefert, sondern stammen auch aus anderen Teilen Irans oder werden sogar aus dem Ausland importiert.

Bei der Auswertung der Haarproben ging man folgendermaßen vor: Das Haar, das vom Nacken in Mengen von 2 bis 5 g abgeschnitten wurde, wurde kurz mit Tetrachlorkohlenstoff besprüht, um Parasiten zu zerstören. Es wurde dann in Segmente von einigen mm geschnitten und in rund 100 ml einer 0,1%-Seifenlösung für 10 - 20 Minuten eingetaucht. Ab und zu wurde umgerührt. Die Seifenlösung wurde dann abgossen und durch eine neue Portion ersetzt. Diese Lösung wurde dann ausgegossen, und anschließend wurden 4 bis 10 Spülungen mit demineralisiertem Wasser durchgeführt, bis kein Schaum mehr zu entdecken war.

Das Spülen von gefärbten Haarproben wurde fortgesetzt, bis keine Farbe mehr im Wasser zu sehen war. Dies erforderte rund 5 - 10 zusätzliche Spülungen. Das Haar wurde dann zuerst 5 - 10 Minuten in rund 25 ml 95%-iges Äthanol gelegt und anschließend über den gleichen Zeitraum in Äthyläther. Es wurde dann luftgetrocknet und gelagert. Für die Zinkanalyse wurden 50 bis 100 mg-Proben in Micro-Kjeldahl-Borosilikatflaschen mittels 0,8 ml Schwefelsäure und 0,1 bis 0,3 ml Salpetersäure aufgelöst. Nachdem die Lösung klar war, wurden 0,1 ml einer 70%-igen Perchlorsäure zugefügt. Die Mineralisierung wurde 30 Minuten fortgesetzt. Die Lösungen wurden mittels 4-n NaOH neutralisiert bis zu einem pH-Wert von 6,5 - 7,0 und anschließend auf 15 ml mit Wasser aufgefüllt. 4-ml-Portionen der Lösung, die 2-4 µg Zink enthielt, wurden dann analysiert mittels einer Technik, die von WILLIAMS (1962) ausgearbeitet worden war. Dieses Verfahren beruht darauf, daß der Zink-Zyanid-Komplex durch Behandlung mit Chloralhydrat reaktionsunfähig gemacht wird.

Die Durchschnittskonzentrationen von Zink, die im Haar der Dorfbewohner gefunden wurden, betrugen nur 2/3 der Konzentration der Kontrollgruppe. Die größten Unterschiede wurden zwischen weiblichen Kontrollpersonen und weiblichen Dorfeinwohnern gefunden. Obwohl die Zinkkonzentrationen der männlichen Dorfeinwohner niedriger waren als die der männlichen Kontrollpersonen, waren die Unterschiede nicht signifikant. Abweichungen innerhalb der beiden Gruppen waren geringer unter den Dorfeinwohnern als unter den Kontrollpersonen. Drei Viertel der weiblichen Kontrollgruppe zeigten Zinkkonzentrationen, die höher waren als die höchsten notierten Werte der weiblichen Dorfeinwohner. Frauen und Kinder aus den Dörfern hatten niedrigere Zinkkonzentrationen als die Männer.

Im Iran ist das Verwenden von Haarfärbemitteln unter den Frauen und Mädchen aus den Dörfern sehr weit verbreitet. Besonders beliebt ist Henna. Rund 1/4 der Haarproben färbten beim Waschen das Wasser. Dabei konnte man nicht alle Farbe aus dem Haar entfernen trotz wiederholter Waschvorgänge. Aus diesem Grund beschloß man, Versuche zu machen, um die Einwirkung der Färbemittel auf die Zinkkonzentrationen festzustellen.

Aber gegen alle Erwartungen zeigten die Resultate, daß die Haarfärbemittel eher dazu neigten, den Zinkgehalt des Haares zu erhöhen.

Eine andere Untersuchung wurde durchgeführt, um den Zinkgehalt im frisch gewaschenen Nackenhaar mit dem Haar zu vergleichen, das sich rund 10 cm von der Kopfhaut entfernt befand. Die distalen Haarproben waren deutlich weniger pigmentiert. Ursache dafür wird die Sonnenbestrahlung sein. Man konnte aber keinen Unterschied im Zinkgehalt von proximalem und distalem Haar feststellen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, daß die Zinkkonzentration im Haar der Dorfeinwohner niedriger war als die der Kontrollgruppe aus der Nachbarstadt. Eine plausible Erklärung dafür ist in der unzureichenden Ernährung zu suchen, die zu wenig Zink enthielt. Andere Faktoren, die zu ungewöhnlichen Verlusten von Zink hätten führen können, wie z.B. starkes Schwitzen während des Sommers, hätten sich auch auf die Personen der Kontrollgruppe auswirken müssen. Auch das Auftreten von intestinalen Parasiten war unter der Dorfbewölkerung höher. Normalerweise würde Blutverlust auch einen Zinkverlust bedeuten. Dagegen spricht aber die Untersuchung von PRASAD (1961). Er stellte bei jungen Männern in Ägypten Zinkmangel fest. Bei ihnen kamen aber keine Parasiten vor, und daraus kann man schließen, daß da kein Zusammenhang besteht.

Die Rolle, die Geophagie bei der Zinkabsorption spielt, bleibt ungeklärt. Sie scheint weit verbreitet zu sein unter Frauen und Kindern und wird in gewissem Maße für die niedrigen Zinkkonzentrationen im Haar der Dorfbewohner verantwortlich sein. Eine noch bessere Erklärung für die exceptionell niedrige Zinkkonzentration im Haar einiger Frauen wird aber Schwangerschaft und Stillen sein.

Die Ergebnisse der Zinkkonzentrationen im Haar der Dorfbewohner bei Shiraz stimmen gut überein mit den Konzentrationen, gemessen im Haar der ägyptischen Zwerge, die PRASAD (1963) untersuchte und die auch an Zinkmangel litten.

Um festzustellen, ob die Zinkkonzentrationen im Haar der Menschen Zinkmangel oder Zinküberschuß widerspiegeln, hat STRAIN (1966) Haaranalysen an männlichen ägyptischen Zwergen durchgeführt, die an Zinkmangel litten. Er untersuchte das Haar vor und nach oraler Therapie mit Zinksulfat. Zum Vergleich wurden auch gesunde Männer von Kairo untersucht und auch eine Gruppe Männer von Rochester, New York. Die Ergebnisse deuten an, daß Haaranalysen eine zuverlässige, atraumatische und einfache Methode darstellen, um die Zinkvorräte des Menschen abzuschätzen.

Bei der Untersuchung wurde Haar von 10 unbehandelten Zwergen gesammelt sowie von 8 Zwergen, die mit Zinksulfat behandelt waren. Proben wurden auch von 12 gesunden Ägyptern und von 6 gesunden Einwohnern aus Rochester genommen. Die Zwerge waren zwischen 16 und 20 Jahre alt, die gesunden Ägypter zwischen 27 und 40 und die Männer aus Rochester zwischen 23 und 37 Jahre. Die Haarproben der Amerikaner wurden während eines ganzen Jahres analysiert, um irgendwelche jahreszeitlichen Abweichungen festzustellen.

Die Haarproben wurden vom Nackenhaar abgeschnitten und wogen rund 0,5 g. Das Haar wurde gewaschen, gespült und vor der Analyse luftgetrocknet. Der Waschvorgang wurde in einem Plastikfläschchen ausgeführt. Das Haar wurde in die Flasche gelegt und mit ionenfreiem Wasser bedeckt. Dazu gab man 5 Tropfen von einem Waschmittel. Der Deckel wurde geschlossen und die Mischung mit der Hand 30 bis 60 Sekunden geschüttelt. Die Flüssigkeit wurde dann abgegossen und das Haar getrocknet. Der Waschvorgang wurde wiederholt. Nach den beiden Waschvorgängen wurde das Haar 3 mal mit ionenfreiem Wasser gespült, auf Polyäthylenunterlage ausgebreitet und über Nacht luftgetrocknet.

Die gewaschenen und getrockneten Haarproben wurden mittels Emissions-Spektrographie analysiert.

Die analytischen Ergebnisse bei den Ägyptern werden in Tabelle 3 gezeigt. Für die unbehandelten Zwerge betrug der Durchschnittswert des Zinks im Haar $54,1 \pm 5,5$ p.p.m. mit einer Streuung von 30 bis 75 p.p.m.

Der Durchschnittsgehalt an Zink der 22 Haarproben der 12 gesunden Ägypter betrug $103,3 \pm 4,4$ p.p.m. mit einer Streubreite von 62 bis 149 p.p.m. Der Durchschnittswert für die behandelten Zwerge betrug $121,1 \pm 4,8$ p.p.m. mit einer Streuung von 110 bis 150 p.p.m.

Die analytischen Ergebnisse über den Zinkgehalt im Haar der 6 gesunden Amerikaner wurden innerhalb der eigenen Gruppe und auch mit den Ergebnissen der gesunden Ägypter verglichen. In beiden Fällen findet man eine deutliche, jahreszeitliche Variation, was den Zinkgehalt des Haares betrifft. Die höchsten Zinkwerte im Haar der Amerikaner werden zwischen Juni und September erreicht. Ähnlich sieht es bei den gesunden Ägyptern aus. Da werden die höchsten Werte im Mai und Juni gemessen.

Tabelle 3: Zinkkonzentrationen im Haar ägyptischer Zwerge und gesunder Ägypter, mit oder ohne Behandlung mit Zinksulfat oral (p.p.m.).

Ägyptische Zwerge				Gesunde Ägypter	
Unbehandelte		Behandelte		Nr.	Haar-Zink
Pat.Nr.	Haar-Zink	Pat.Nr.	Haar-Zink		
1	65			1N	104
2	72			2N	84
3	30	3	114	3N	100
4	37	4	110	4N	92
5	75			5N	93
6	40			6N	74
7	63			7N	117
8	44				
9	40	9	112		
10	75	10	122		
		11	123		
		12	128	8N	62
		13	110	9N	107
		14	150	10N	100
				11N	93
				12N	118

Bei den beiden gesunden untersuchten Gruppen hat man aber auch niedrige Zinkwerte gefunden, die etwa auf der Höhe der höchsten Werte der unbehandelten Zwerge liegen. Dies zeigt, daß die Zinkvorräte gesunder Menschen sehr verschieden sind.

Die ägyptischen Zwerge zeigten ein Zinkmangelsyndrom, das aus Zwergwachstum, verzögertem epiphysealem Verschluß, rauher und hyperpigmentierter Haut, Hypogonadismus und Fehlen der sekundären Geschlechtsmerkmale bestand. Nach der Therapie mit Zink fing das Schamhaar an zu wachsen, die äußeren Genitalien zeigten Reife, und die Körperlänge stieg auf 140 cm während des ersten Jahres der Behandlung. Diese klinische Besserung der Symptome kann in Beziehung mit der Zunahme der Zinkkonzentration des Haares der behandelten Zwerge stehen.

KLEVAY (1970) hat die Zinkkonzentration im Haar der panamesischen Bevölkerung untersucht. Daß der Zinkgehalt des Haares vom Zinkgehalt der Ernährung abhängig ist, ist in einer Reihe von Tieruntersuchungen gezeigt worden. Der Autor untersuchte auch den Zusammenhang zwischen Zink im Haar, roten Blutkörperchen und Plasma und verglich diese Werte mit Alter, Geschlecht und Schwangerschaft-Stillen der betreffenden Person.

Das Sammeln und Auswerten der Haarproben wurde genau so durchgeführt wie bei der Untersuchung über Kupfer (s.S. 27).

Die Ergebnisse über den Zinkgehalt des Haares werden in Tabelle 4 gezeigt. Wegen des allmählichen Absinkens während des ersten Jahrzehnts und das Ansteigen während des zweiten wurden in der Tabelle die Ergebnisse für halbe Jahrzehnte angegeben. Da kein Zusammenhang mit dem Alter über 20 Jahre bemerkt wurde, wurden alle Ergebnisse der älteren Personen zusammengefaßt. Man konnte keinen Unterschied im Zinkgehalt der beiden Geschlechter feststellen.

Die Ergebnisse von 18 Frauen, die schwanger oder stillend waren, wurden für sich ausgewertet. Wenn diese Frauen mit der ganzen Gruppe der Frauen verglichen wurden, waren die Werte zwischen den beiden Gruppen signifikant verschieden.

Die Ergebnisse über den Zinkgehalt des Haares der panamesischen Bevölkerung stimmen gut mit denen von Erwachsenen in Großbritannien überein.

Keine Gruppenwerte sind niedriger als die $100 \mu\text{g/g}$, die von STRAIN (1966) über die ägyptische Bevölkerung, die an Zinkmangel litt, berichtet wurden. Die Werte, die hier für 6 bis 10 Jahre alte Mädchen genannt werden, sind etwas niedriger als die $222 \mu\text{g/g}$, die für die iranische Kontrollgruppe genannt werden.

ANKE und SCHNEIDER (1962) berichteten, daß Alter und Geschlecht den Zinkgehalt im Haar der deutschen Bevölkerung nicht beeinflussen. Sie stellten fest, daß zwischen Männer- und Frauenhaaren im Zinkgehalt kein statistisch gesicherter Unterschied bestand. Der Zinkgehalt des Kopfhaares betrug nach ihren Untersuchungen bei Männern 262 ppm und bei Frauen 271 ppm.

Inwieweit das Alter aber Einfluß auf die mineralische Zusammensetzung nimmt kann von diesen Analysenwerten aus nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, da für die Altersklassen unter 18 Jahren und zwischen 40 und 60 und über 60 Jahren zu wenig Personen vorhanden waren.

Die hier berichteten Ergebnisse zeigen, daß signifikante Unterschiede in verschiedenen Altersgruppen vorhanden sind.

Die Nahrung der Einwohner in Panama zeigt einige wichtige Besonderheiten. Der Gehalt an Kalzium ist niedrig, sowohl im Vergleich zu anderen lateinamerikanischen Ländern als auch zu Nordamerika. Man hat bei Ratten und Schweinen gezeigt, daß eine hohe Kalziumeinnahme die Nutzbarkeit von Zink in der Nahrung verringert. Falls diese Zusammenhänge auch für Menschen gültig sind, müßte das Zink in der panamesischen Nahrung besser ausnutzbar sein als in der nordamerikanischen Nahrung.

Ob die Wirkung von Kalzium vom Gehalt an Phytat abhängig ist, ist unbekannt. Aber hohe Phytatwerte verringern auch die Ausnutzbarkeit des Zinks. Die panamesische Nahrung ist reich an Cerealprodukten (hauptsächlich Reis und Mais), die einen hohen Gehalt an Phytat aufweisen.

Deshalb beeinflussen zwei gegensätzliche Faktoren in der panamesischen Nahrung die Ausnutzbarkeit des Zinks: niedrige Kalziumwerte bedeuten hohe Ausnutzbarkeit des Zinks, und hohe Phytatwerte bedeuten niedrige Ausnutzbarkeit. Ob diese Nahrung die Ausnutzbarkeit des Zinks insgesamt günstig oder ungünstig beeinflußt, ist bis jetzt nicht bekannt.

Ein spezieller Aspekt der panamesischen Nahrung verdient erwähnt zu werden und könnte einen gewissen Einfluß auf die Ergebnisse gehabt haben. Lateinamerikanische Frauen neigen dazu, ihre Kinder länger zu stillen als nordamerikanische Frauen. Die Muttermilch enthält mehr Zink nach längerer Stillzeit als Kuhmilch. Daraus und aus der vorher erwähnten Änderung im mütterlichen Zinkmetabolismus während der Schwangerschaft kann man schließen, daß das Kind einen relativ hohen Zinkgehalt früh im Leben besitzt. In der Tat haben MISCHEL und DREHER (1963) gezeigt, daß ein paar Tage Stillen genügen, um das Kind mit ausreichend Zink für 8 bis 10 Monate zu versorgen.

Tabelle 4: Zinkgehalt des Haares in $\mu\text{g/g}$ der panamesischen Bevölkerung

Alter, J.	♂		♀	
	Zahl der Personen	Mittelw.	Zahl der Personen	Mittelw.
0 - 5	52	147	64	148
6 - 10	31	127	52	113
11 - 15	29	126	38	148
16 - 20	14	163	19	210
üb. 20	64	142	70	167

6) Strontium

Ein Bericht über die Konzentration von Strontium-90 und stabilem Strontium im Haar und Blutplasma wird von MAGNO (1966) gegeben. Das Haar wurde untersucht, um zu bestimmen, ob ein konstantes Verhältnis zwischen Strontium-90 in der Nahrung und im Haar bestand. Wenn ein konstantes Verhältnis nachzuweisen wäre, könnte das Haar möglicherweise als ein Indikator auf eingenommenes Strontium-90 durch die Nahrung dienen. Andere Forscher haben solche Zusammenhänge durch Spurenelementuntersuchungen an Ratten und Hunden gezeigt.

Bis zu dieser Untersuchung lag keine Auskunft über Strontium-90 im Menschenhaar vor.

Man untersuchte Plasma, weil es im Körper das Transportmedium für Strontium-90 ist und deshalb Auskunft über den Metabolismus von Strontium-90 liefern könnte. Nur sehr begrenzte Ergebnisse über Strontium-90 im Plasma des Menschen sind früher in der Literatur genannt.

Um Haar und Plasma von weit verstreuten Bevölkerungsgruppen zu erhalten, wurden jeden Monat Proben von verschiedenen Ortschaften in ganz USA gesammelt.

Haarproben von Jungen wurden in Kinderheimen in Boston, Mass.; Cleveland, Ohio; Columbia, Miss.; Omaha, Nebr.; Portland, Oreg.; und Albuquerque, New Mex. entnommen. Da auch Nahrungsproben von diesen Institutionen gesammelt wurden, ergab dies die Gelegenheit, Strontium-90 in Haar und Nahrung derselben Personengruppe zu vergleichen.

Haarproben und Blutplasma von Erwachsenen wurden in Boston, New Orleans, Chicago und Phoenix gesammelt. Man beschränkte sich auf Haarproben von Männern. Da die Personen, von denen diese Proben erhalten wurden, keine kontrollierbare Gruppe bildeten, konnte man keine Auskunft über die Nahrung bekommen. Die Ergebnisse dieser Proben sind wertvoll gewesen, um ein Verhältnis zwischen Haar- und Plasma-Strontium bei Erwachsenen festzustellen.

Vor der Analyse wurden die Haarproben gründlich mit Waschmittel gewaschen, um irgendwelches äußerliches Strontium-90 zu entfernen. Weil die Strontium-90-Werte dieser Proben extrem niedrig lagen, wurde relativ große Mengen für die Analyse benötigt. Für Haar betrug die normale Probe fast 1 kg, während man vom Plasma ein Volumen von 8 l benötigte. Weil es im wesentlichen alles Strontium und Kalzium enthält und weil es einfacher zu handhaben ist, wurde Plasma eher als Vollblut analysiert. Diese Größen der Proben ergaben eine Asche, die annähernd 0,5 - 1,5 g Kalzium enthielt. Da es nicht immer möglich war, eine so große Probe jeden Monat zu erhalten, wurden in vielen Fällen Proben über eine Periode von mehreren Monaten gesammelt und analysiert.

Ergebnisse:

Strontium-90 im Haar der Kinder

In Tabelle 5 kann man die Resultate von Strontium-90 im Haar sehen, das von Kindern aus Kinderheimen stammte. Die Ergebnisse repräsentieren den Mittelwert einer Serie gesammelter Proben, die während des Jahres 1964 erhalten wurden. Die Durchschnittswerte jeder Stadt reichten von 8,8 bis 14,9 pc ⁹⁰ Sr/g Ca. In Tabelle 5 sind auch die Verhältnisse zwischen Haar und Nahrung dargestellt. Diese Werte reichten von 0,39 bis 0,64. Die Verhältniszahl für Albuquerque, New Mexico, lag bedeutend höher als die Werte anderer Städte. Die benutzten Nahrungswerte sind Durchschnittswerte monatlicher Proben, die während des Jahres 1964 gesammelt wurden.

Strontium-90 im Haar und Plasma Erwachsener

Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse für Strontium-90 im Haar und Plasma Erwachsener. Die Durchschnittswerte für Haar reichten von 8,0 bis 12,1 pc ⁹⁰ Sr/g Kalzium. Die Durchschnittswerte für Plasma betrugen 4,7 bis 6,4 pc ⁹⁰ Sr/g Kalzium.

In Tabelle 6 werden auch die Werte für das Verhältnis Haar/Plasma jeder Stadt gezeigt. Diese Werte erstreckten sich von 1,6 bis 2,4. Es ist interessant zu sehen, daß das Verhältnis Haar/Plasma größer als 1 ist. Dies bedeutet, daß der Vorgang, durch welchen diese Elemente von Blut zu Haar überführt werden, Strontium vor Kalzium begünstigt.

Stabiles Strontium im Menschenhaar und Plasma

Zusätzlich zu den Messungen von Strontium-90 wurde der Gehalt an stabilem Strontium bei einigen der Haar- und Plasmaproben der Erwachsenen gemessen. Ein Neutronen-Aktivierungs-Verfahren wurde zu diesen Analysen benutzt. Die Ergebnisse dieser Analysen und das Verhältnis Haar/Plasma für stabiles Strontium werden in Tabelle 7 gezeigt. Durchschnittswerte der Haarproben erstreckten sich von 3,4 bis 1,3 mg Strontium/g Kalzium. Durchschnittswerte der Plasmaproben reichten von 0,41 bis 0,89 mg Strontium/g Kalzium. Das Verhältnis Haar/Plasma lag zwischen 4,8 und 8,3.

wie bemerkt werden kann, stimmen die Haar/Plasma-Verhältnisse für stabiles Strontium und Strontium-90 nicht überein.

Die spez. Aktivität von Strontium-90 in Haar und Plasma der Erwachsenen der verschiedenen Städte wird in Tabelle 8 gezeigt. Im allgemeinen liegen die Werte für Plasma viel höher als für Haar. Solche Unterschiede in der spez. Aktivität von Strontium-90 zwischen Blut und vielen anderen Körperorganen können erwartet werden. Dies ist abhängig von der langen Zeitperiode, die benötigt wird, um Gleichgewicht zu erreichen, als Folge der langsamen Umsatzgeschwindigkeit von Strontium in den Knochen. Da aber das Haar ein schnell wachsendes Gewebe ist, das sich andauernd bildet, würde man erwarten können, daß die spez. Aktivität von Strontium-90 im Haar der des Plasmas ähnlich sei. Dieser Unterschied zwischen der spez. Aktivität des Strontium-90 im Haar und Plasma ist deshalb recht erstaunlich. Eine mögliche Erklärung wäre, daß Haar Strontium aus einer äußerlichen Quelle bezieht. Absorption aus der Umgebung, von Schweiß oder von Seifen und Shampoo, die zum Haarewaschen benutzt werden, wären Möglichkeiten. BATE (1966) hat gezeigt, daß das Haar Spurenelemente von der Umgebung aufnehmen kann und daß diese durch Waschen nicht ganz entfernt werden können.

Es ist nicht möglich gewesen, durch diese Untersuchung zu zeigen, daß Haar als Indikator für die Nahrungsaufnahme von Strontium-90 benutzt werden kann. Obwohl die Ergebnisse von 5 der 6 untersuchten Kinderheime übereinstimmten, zeigt die Diskrepanz, die in den Proben von Albuquerque bemerkt wurde und das Fehlen eines Zusammenhangs zwischen der spez. Aktivität von Strontium-90 im Haar und Plasma der Erwachsenen, daß eine weitere wissenschaftliche Auswertung gewünscht wird.

Tabelle 5: Strontium-90 im Haar der Kinder

Ort	Zahl d. Proben	Haar	Nahrung	Verhältnis
		pc ⁹⁰ Sr/g Ca	pc ⁹⁰ Sr/g Ca	Haar/Nahrung
Boston	10	12,2	29	0,42±0,03
Columbia	8	13,2	34	0,39±0,02
Cleveland	2	8,8	22	0,40±0,06
Omaha	6	9,7	24	0,40±0,03
Portland	6	14,9*	33*	0,45±0,04
Albuquerque	2	8,9*	14*	0,64±0,11

* Proben gesammelt Juli-Dezember 1964

Tabelle 6: Strontium-90 im Haar und Plasma Erwachsener

Ort	Haar		Plasma		Verhältnis
	Anz.d. Prob.	pc ⁹⁰ Sr/ g Ca	Anz.d. Prob.	pc ⁹⁰ Sr/ g Ca	Haar/Plasma
New Orleans	8	12,1	3	6,4	1,9±0,2
Boston	7	9,7	8	6,2	1,6±0,2
Chicago	5	8,0	4	4,8	1,7±0,2
Phoenix	4	11,1	4	4,7	2,4±0,3

Tabelle 7: Stabiles Strontium im Haar und Plasma Erwachsener

Ort	Haar		Plasma		Verhältnis
	Anz.d. Prob.	mg Sr/ g Ca	Anz.d. Prob.	mg Sr/ g Ca	Haar/Plasma
New Orleans	9	3,4	1	0,41	8,3±0,6
Boston	7	3,8	6	0,47	8,1±0,3
Chicago	3	3,5	3	0,48	7,3±0,4
Phoenix	7	4,3	3	0,89	4,8±0,3

Tabelle 8: Spez. Aktivität von Strontium-90 im Haar und Plasma Erwachsener

Ort	Haar	Plasma
	pc ⁹⁰ Sr/mg Sr	pc ⁹⁰ Sr/mg Sr
New Orleans	3,6	15,6
Boston	2,5	13,2
Chicago	2,3	10,0
Phoenix	2,6	5,3

II. Nichtmetalle

1) Arsen

BOYLEN (1967) hat eine Untersuchung über den Arsengehalt im Haar durchgeführt. Arsen wird ziemlich schnell aus den meisten Geweben ausgeschieden. Aber kleinere Mengen von Arsen werden für mehrere Monate oder Jahre im ektodermalen Gewebe, besonders im Haar und in Nägeln, gelagert. Man hielt Haaranalysen für am geeignetsten, wenn es galt zu zeigen, ob eine Langzeitaufsaugung von kleinen Dosen sich ereignete. Aber beim Durchsuchen der Literatur nach einem "Normalarsenwert" des Haares wurden Unterschiede festgestellt. Einige Autoren berichteten, daß "normales" Haar Arsenwerte von 0,036 bis 0,88 p.p.m. zeige; andere dagegen nannten so hohe Werte wie 10 bis 15 p.p.m.

Die Ergebnisse der Haaranalysen sind in der Tabelle 9 zusammengefaßt. Eine bedeutende Zahl der Proben hatte einen Arsengehalt, der unter der Empfindlichkeit der analytischen Methode lag. Die statistische Analyse war also unzulänglich. Der geometrische Mittelwert betrug 0,25 p.p.m. Deshalb kann man erwarten, daß 95% der Haare von "normalen" Personen Arsen enthalten, das innerhalb 0,06 bis 1,0 p.p.m. liegt.

Tabelle 9: Arsen im Haar

Microgramm Arsen/Gramm (ppm)	Zahl der Proben
0,0 - 0,1	14
0,1 - 0,2	5
0,2 - 0,3	5
0,3 - 0,4	16
0,4 - 0,5	9
0,5 - 0,6	2
0,6 - 0,7	3
0,7 - 0,8	1
0,8 - 0,9	1
0,9 - 1,0	2

D. Wasch- und Untersuchungsmethoden des Haares

Eine Untersuchung über die Vorbehandlung des Haares wurde von HARRISSON (1969) durchgeführt. Dabei verglich der Autor Haar, das mit einem Waschmittel gewaschen war, mit Haar, das mit einem chemischen Lösungsmittel gewaschen worden war. Er studierte dabei die Einwirkung verschiedener anderer Waschparameter.

I. Vorbehandlung des Haares

Die Vorbereitung der Proben ist eines der größten Probleme bei der Haaranalyse gewesen. Eine oberflächliche Beschmutzung sollte vor der Analyse von dem Haar genauestens entfernt werden, um sicherzustellen, daß die erhaltenen Spurenelementkonzentrationen nur das in der Haarstruktur tatsächlich vorhandene Element widerspiegeln. Die Methoden zur Entfernung der Oberflächenkontaminationen sind zahlreich. Sie fallen unter zwei Kategorien:

- 1) Die Verwendung von organischen chemischen Lösungsmitteln und
- 2) die Verwendung von Waschmitteln oder Shampoo.

1. COLEMAN (1965) behauptete, daß die Menge der verbleibenden Spurenelemente im Haar stark wechselt, abhängig von dem verwendeten Lösungsmittel und dem betreffenden Spurenelement. Eine 2-stündige Soxhlet-Extraktion mit Diäthyl-Äther wird die Konzentrationsvariationen zwischen gewaschenem und ungewaschenem Haar auf ein Minimum verringern.
2. PERKINS und JERVIS (1965) entfernten oberflächige Kontamination vom Haar vor der Bestrahlung zur Aktivierungsanalyse durch kurzes Waschen in abwechselnd destilliertem Wasser und einer Mischung, die zur Hälfte aus Azeton und zur Hälfte aus Alkohol bestand, für insgesamt mehrere Minuten. Es wurde gezeigt, daß das Einweichen des Haares in destilliertem Wasser, in einen ionischen Waschmittel oder in einer Mischung aus Azeton und Alkohol für 40 Stunden eine Veränderung der Konzentration der Spurenelemente im Haar bedeutet.

Man behauptete, daß einige Elemente (z.B. Natrium, Brom und Gallium) teilweise vom Haar entfernt wurden, dagegen könnten andere (z.B. Kupfer, Eisen und Mangan) in oder auf dem Haar während des Einweichens abgelagert werden.

3. BATE (1965) untersuchte die Wirksamkeit verschiedener Lösungsmittel und Waschmittel, um Kontaminationen der Haaroberfläche zu entfernen. Er kam zu dem Schluß, daß das Waschen mit Waschmitteln wirksamer für die Aktivierungsanalyse sei, weil Natrium und Brom dabei fast ganz entfernt werden. Diese Elemente stören, falls sie in den bestrahlten Proben vorhanden sind, die Bestimmung an Spurenelementen wie z.B. Vanadium, Aluminium und Mangan mit ähnlichen chemischen Halbwertszeiten.
4. BATE und DYER (1965) stellten einen Vergleich an zwischen zwei Methoden zur Entfernung der Oberflächen-Kontamination: Die erste bestand aus einem 2-Min.-Waschen mit einer organischen Lösung, gefolgt von mehreren Spülungen mit destilliertem Wasser. Die zweite bestand aus mehreren Spülungen mit einem ionenfreien Waschmittel (Kyro EO[®]) in destilliertem Wasser. Ein Vergleich zwischen den Gammastrahlspektren der gewaschenen Doppelproben zeigte, daß die Konzentrationen von Zink, Kupfer und Mangan der beiden Proben etwa dieselben waren. Man fand aber heraus, daß die organischen Lösungen nicht in der Lage waren, die anorganische Kontamination zu entfernen, und man meinte auch, daß es vom forensischen Standpunkt aus vernünftiger wäre, eine Haarprobe mit einem Shampoo zu waschen, weil Haare normalerweise so gewaschen werden.
5. GOLDELMUM (1953) entfernte Oberflächenbeschmutzung vom Haar durch Waschen der Proben mit einer 10%-igen Tween-80-Lösung. Die Proben wurden 30 Minuten auf einem mechanischen Rüttler geschüttelt und 3 mal mit bidestilliertem Wasser gespült.
6. REINHOLD (1966) wusch Haarproben mit rund 100 ml einer 0,1%-igen Seifenlösung (Ivory Flakes) bei Zimmertemperatur 20 Minuten. Nach einem zweiten Waschvorgang und nach dem Spülen mit deionisiertem Wasser wurden die Proben in drei aufeinanderfolgende Bäder mit organischen Lösungsmitteln eingetaucht.

(Die beiden ersten enthielten 95% Äthanol und das dritte Diäthyläther)

7. RICE und GOLDSTEIN (1961) entfernten Kontaminationen vom Haar durch mehrmaliges Einweichen der Proben in Isopropylalkohol für 24 bis 36 Stunden.
8. MARTIN (1964) bereitete die Haarproben zur Analyse wie folgt vor: Er wusch sie nacheinander gut in deionisiertem Wasser, in einer Mischung von Alkohol-Äther 50:50 und in Azeton. Die Proben wurden zum Schluß 3 mal mit deionisiertem Wasser gespült.

II. Waschvergleiche

In der Untersuchung von HARRISSON (1969) wurde ein organisches Lösungsmittel mit einem ionenfreien Waschmittel verglichen. Eine homogene Haarprobe wurde in zwei gleiche Teile geteilt, jedes davon wog rund 1 g. Ein Teil wurde in 150 ml der 1%-igen 7-XO-Matic-Lösung gewaschen. Der andere Teil wurde gewaschen, indem man 2 Stunden lang eine Soxhlet-Extraktion mit 150 ml von einer Lösung aus absolutem Äthanol und Azeton 50:50 benutzte. Nachdem das Waschverfahren beendet war, wurden die Proben analysiert, in zweifacher Ausführung.

Ein Vergleich unter drei verschiedenen homogenen Proben wurde gemacht; die Ergebnisse werden in der Tabelle 12 gezeigt. Bei allen Proben war kein signifikanter Unterschied betreffs der vorhandenen Kupferkonzentrationen im Haar festzustellen. Die Zinkkonzentrationen schienen aber konstant niedriger zu liegen beim Waschen mit einem Waschmittel. Aber die Unterschiede waren klein. Die Magnesium- und Eisen-Konzentrationen waren von den Waschmethoden abhängig. Die Ergebnisse zeigten, daß Eisen und Magnesium im Laufe des Waschens mit einem Waschmittel entfernt wurden. Tabelle 13 zeigt, daß nur kleinere Unterschiede zwischen den ungewaschenen und den mit einem organischen Lösungsmittel gewaschenen Proben bestanden. Diese Unterschiede können möglicherweise abhängig sein von:

- (1) dem Unvermögen des organischen Lösungsmittels, oberflächliche Eisen- und Magnesiumkontamination zu entfernen,

- (2) der auslaugenden Wirkung des ionenfreien Waschmittels, das Eisen und Magnesium von der inneren Struktur des Haares entfernt, oder
- (3) einer Kombination dieser beiden Möglichkeiten.

Da der Autor diese Untersuchung angefangen hatte, um normale Durchschnittswerte einiger Spurenmetalle des Haares festzustellen, damit später deutliche Abweichungen von diesen Normen als diagnostische Hilfe zu verwenden waren, muß das Waschverfahren reproduzierbare Ergebnisse bringen, um befriedigend zu sein. Beide Wasch-Methoden entsprachen diesem Kriterium, aber die Methode des ionenfreien Waschmittels wurde als die bessere in Bezug auf leichte Handhabung, Geschwindigkeit, Sicherheit und die relative Ionenfreiheit des Waschmittels ausgewählt. Wie von BATE und DYER (1965) vorgeschlagen, sollte ein ionenfreies Waschmittel keine Änderungen in der Zusammensetzung der Spurenelemente des Haares hervorbringen. Der Zeitabschnitt, seit dem die Person zuletzt ihr Haar gewaschen hatte, wäre weniger wichtig. Die Ergebnisse der Eisen- und Magnesium-Analysen von Haarproben, die mit einem organischen Lösungsmittel gewaschen waren, könnten von früheren Waschvorgängen mit einem ionenfreien Waschmittel beeinflusst sein.

Um die Auswirkungen der kommerziellen Shampoos gegenüber nicht-ionischen Waschmitteln, die bei diesen Untersuchungen verwendet wurden, zu bestimmen, wurde eine homogene Haarprobe in drei Teile geteilt; eine davon wurde mit 7-XO-Matic gewaschen, die beiden anderen mit verschiedenen bekannten kommerziellen Shampoos. Die Ergebnisse, die in der Tabelle 14 gezeigt werden, zeigen, daß kommerzielle Shampoos der 7-XO-Matic in ihrer Auswirkung auf Eisen- und Magnesium-Konzentrationen gleichwertig sind. Deshalb könnte eine Person, die gerade ihr Haar mit Shampoo gewaschen hatte, bevor eine Probe zur Analyse genommen wurde, die Eisen- und Magnesium-Ergebnisse ziemlich stark beeinflussen, obwohl anschließend ein organisches Lösungsmittel routinemäßig verwendet wurde, um die abgeschnittenen Haarproben für die Analyse vorzubereiten.

III. Einwirkung anderer Waschparameter

Mehrere andere Variabel wurden bei dem waschverfahren untersucht, um ihre Einflüsse auf die analytischen Ergebnisse festzustellen. HARRISSON (1969).

1. Die normale Waschzeit betrug 30 Minuten. Eine Reihe von homogenen Haarproben wurde zusätzliche 30 Minuten gewaschen, bis eine totale Waschperiode von 3,0 Stunden erreicht wurde. Nur Zink schien durch die verlängerten Waschzeiten beeinflußt zu werden. Zink zeigte danach eine Konzentrationsreduktion; sie betrug nach 180 Minuten 10% Verlust verglichen mit dem 30-minütigen normalen Waschen.
2. Die Menge des Waschmittels, das für das Haar benutzt wurde, wechselte. 50, 100, 150 und 200 ml einer 1%-igen 7-XO-Matic-Lösung wurden gebraucht, um getrennte homogene Teile einer Haarprobe zu waschen. Keine systematischen Unterschiede in den Konzentrationen der 4 Elemente wurden gemessen.

Tabelle 12: Vergleich zwischen homogenen Haarproben, die in einem organischen Lösungsmittel oder mit einem ionenfreien Waschmittel gewaschen wurden.

Probe	Waschmethode	Konzentration ($\mu\text{g/g}$ Trockengewicht)			
		Kupfer	Eisen	Magnesium	Zink
1	Waschmittel	37,3	13,3	6,5	191,5
	Org. Lösungsm.	37,1	25,7	66,4	196,7
2	Waschmittel	26,3	9,2	120,8	250,8
	Org. Lösungsm.	27,9	23,6	259,8	262,5
3	Waschmittel	14,9	11,0	18,2	164,8
	Org. Lösungsm.	13,4	17,3	27,2	171,5

Tabelle 13: Spurenelement-Konzentrationen von ungewaschenen und mit organischen Lösungsmitteln gewaschenen homogenen Haarproben.

Probe	Waschmethode	Konzentration ($\mu\text{g/g}$ Trockengewicht)			
		Kupfer	Eisen	Magnesium	Zink
1	Ungewaschen	39,1	32,9	74,6	218,0
	Org. Lösungsm.	37,1	25,7	66,4	196,7
2	Ungewaschen	16,6	50,0	46,1	207,3
	Org. Lösungsm.	15,1	44,5	40,2	213,1

Tabelle 14: Vergleich zwischen mit ionenfreiem Waschmittel und kommerziellem Shampoo gewaschenen homogenen Haarproben.

Waschart	Konzentration ($\mu\text{g/g}$ Trockengewicht)			
	Kupfer	Eisen	Magnesium	Zink
7-XO-Matic	12,4	16,2	21,5	162,4
komm. Shampoo 1	9,6	13,7	21,7	193,6
komm. Shampoo 2	10,4	11,9	22,0	153,5

E. Haarwachstum

=====

1. Haarzyklen

Die Länge der verschiedenen Haarzyklen ist bei Tieren schon genau untersucht worden, aber ausführliche Ergebnisse über das Haarwachstum der Menschen fehlen immer noch. Es ist schwierig, die Haarzyklen in Menschenfollikeln zu messen, weil man fortlaufend Untersuchungen über einen vergleichsweise langen Zeitabschnitt machen muß.

Die Länge der Haarzyklen bei Menschen wechselt mit den verschiedenen Regionen des Körpers.

1. Das Kopfhaar hat einen viel längeren Zyklus als die Haare der anderen Körperteile. FRIEDENTHAL (1908) vertrat die Meinung, daß das Kopfhaar im Durchschnitt 4 Jahre wächst, PINKUS (1924) nimmt dagegen 5-7 Jahre und KLIGMAN (1961) nur 2-6 Jahre an. Dies sind aber Vermutungen, und nur KLIGMAN (1959, 1961) versuchte, jede anagene und telogene Periode der Kopfhaare zu messen; er berichtete, daß die catagene Periode wahrscheinlich 2-3 Wochen andauert und daß die telogene Periode rund ein paar Monate (6-12 Wochen) dauert. VAN SCOTT (1957) stellte den Prozentsatz von anagenen, catagenen und telogenen Kopfhaaren durch Untersuchung der Wurzeln des gerupften Haares fest. Er berichtete, daß sich ein Durchschnitt von 85% der Haare in der anagenen Periode befand und 15% in der telogenen. KLIGMAN (1961), FLECK und FLECK (1962), WITZEL und BRUN-FALCO (1963) und PECORARO (1964) berechneten dann das Verhältnis jeder dieser Phasen zu dem ganzen Wachstumszyklus des Kopfhaares bei Erwachsenen und Kindern.
2. PINKUS (1947) fand heraus, daß der Haarzyklus des Fingers 140-180 Tage betrug (20-26 Wochen, im Durchschnitt 21 Wochen), was mit den Untersuchungen von SAITOH (1970) übereinstimmt. DANFORTHs (1939) Schätzung von 10, 11 und 16 Wochen ist ziemlich niedrig. BULLIARD (1934) untersuchte Haare seiner eigenen Hand und bemerkte dabei, daß diese während des Sommers länger wachsen als während des Winters. PINKUS (1924, 1947) erhielt dieselben Ergebnisse über Haare von seiner Hand.

Es ist aus diesen Ergebnissen erkennbar, daß wir immer noch viele Grunderkenntnisse über die Haarzyklen der Menschen brauchen.

1967 entwickelte SAITOH eine Methode, das Verhältnis zwischen anagenen, catagenen und telogenen einerseits und den vollen Wachstumszyklus des Kopfhaares beim Menschen andererseits zu messen, indem er ein Kapillarröhrchen benutzte. Mittels Photographieren setzte er die Untersuchungen der Haarwachstumszyklen der Menschen fort und sammelte Ergebnisse über mehr als zwei Jahre. Weiter unten wird ein Bericht dieser Ergebnisse gegeben.

II. Verschiedene Methoden, die Länge der Haarzyklen zu messen

Andere Untersucher haben eine Menge verschiedener Methoden benutzt, um die Länge der Haarzyklen beim Menschen zu messen.

1. Berechnung der Länge des Zyklus durch Messungen der endgültigen Länge des Haares. Dies ergibt nur eine Annahme über die Wachstumsperioden und keine Auskunft über den verbleibenden Teil der Periode.
2. Die Spitzen des betreffenden Haares wurden mit Tinte oder Farbe markiert und die Länge gemessen, bis das Haar verlorenging. Diese Methode ist lang, lästig und unzuverlässig.
3. Durch Ausreißen der Haare und Untersuchung ihrer Wurzel könnten die anagenen, catagenen und telogenen Perioden bestimmt werden. Dies zeigt aber nur die Verhältnisse der drei Perioden zueinander.
4. Die von SAITOH ausgearbeitete Methode ist anders. Alles Haar auf einer Fläche von rund 2 cm² wird auf rund 1 mm Länge geschnitten und unter kontrollierten Standardbedingungen photographiert. Nach einer Woche wird dieselbe Fläche wieder photographiert und das Haar wieder auf eine Länge von 0,5 - 1 mm abgeschnitten. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis genug Bilder da sind, um einen Vergleich der individuellen Haare zu erlauben.

Die "Wachstumsperiode" ist die Zeit vom Erscheinen eines neuen Haares in einem gegebenen Gebiet bis zum Ende seines Längenwachstums. Die "Ruheperiode" ist die Zeit, in der ein Haar in seiner maximalen Länge verbleibt, bis es herausfällt. SAITOH zählt die catagene Periode zu der Wachstumsperiode, weil ihre Dauer nicht auf diese Weise gemessen werden kann.

III. Ergebnisse der Messungen

SAITOH (1970) hat den Haarwuchs vom Scheitel, Schläfe, Schnurrbart, Finger, Arm und Bein dreier japanischer Männer im Alter von 60, 31 und 21 Jahren gemessen. Die Untersuchungen wurden von Oktober 1966 bis November 1968 durchgeführt.

Fortlaufende Untersuchungen von 268 Follikeln der 5 Körperregionen (d.h. Bein, Schläfe, Arm, Schnurrbart und Finger) zeigten, daß die Follikel 1 - 7 Zyklen hatten. Von den Haaren dieser Regionen hatten die vom Bein den längsten Zyklus mit einem Durchschnitt von 37 Wochen. Die Zyklen vom Haar der Schläfe betrugen im Durchschnitt 26 Wochen, die der Arme 24 Wochen, des Schnurrbartes 19 Wochen und des Fingers 18 Wochen. Mit Ausnahme derer vom Bein schienen die Haarzyklen bei älteren Personen länger zu sein. Ein Vergleich der Wachstumsperioden zeigt an, daß die längeren Zyklen bei Haaren von älteren Personen auch längere Wachstumsperioden hatten. Ein Vergleich der Ruheperioden zeigte aber keine Unterschiede in Beziehung auf das Alter, mit Ausnahme der Haare vom Bein. Die Ruheperioden waren länger bei Arm und Bein als bei Gesicht und Kopf; die Ruheperioden für Beinhaare waren erstaunlich lang mit Ausnahme von älteren Personen. Die Länge der Haarzyklen und der Wachstumsperioden schließt das Wachstum ein, das sich ereignet, bevor neue Haare tatsächlich erscheinen und von dem angenommen wird, daß es rund drei Wochen dauert.

Die Scheitelhaarzyklen werden immer noch gemessen, und die Ergebnisse werden später publiziert. Jetzt, nach 25 Monaten, haben schon 27 Scheitelhaare eines 60 Jahre alten Mannes einen Zyklus beendet.

Der Durchschnittswert der Wachstumsperiode betrug 23 Wochen und der Durchschnittswert der Ruheperiode 6 Wochen. Das bedeutet eine Zykluslänge von 29 Wochen. Haare von der Schläfe derselben Person zeigten fast dasselbe Meßergebnis wie vom Scheitel. Die Längen der Zyklen dieser beiden Regionen waren viel kürzer als erwartet.

Bei den beiden anderen Personen, im Alter von 30 und 21 Jahren, beobachtete SAITOH 19 Scheitelhaare bei dem ersten Mann und 79 bei dem anderen. Nur 26% bzw. 20% zeigten Vollendung von wenigstens einem Zyklus, während 32% und 23% immer noch nach 25 Monaten wuchsen. Die Zyklen dieser Haare können deshalb als lang angenommen werden.

IV. Vergleiche zwischen der Wachstumsperiode und der Ruheperiode

Die wachstumsperiode (W.P.) ist im Gebiet der Schläfe und des Schnurrbartes viel länger als die Ruheperiode (R.P.). BULLIARD (1934) berichtete über eine $W.P. > R.P.$ bei Beinhaaren und über eine $W.P. < R.P.$ bei Haaren von der Hand. TROTTER (1924) fand, daß bei Beinhaaren $W.P. < R.P.$ war und bei Handhaaren $W.P. = R.P.$; SAITOH entdeckte einen großen Unterschied zwischen W.P. und R.P. im Haar von Fingern, Armen und beinen. Ein gewisser Unterschied wurde in bezug auf das Alter bemerkt.

VAN SCOTT (1957) zupfte Haarwurzeln, um die Menge der Haare, die sich in der telogenen und anagenen Periode befand, zu berechnen. Er fand, daß sich 15% in der telogenen und 85% in der anagenen Periode befanden. KLIEMAN (1961) benutzte dieselbe Methode und berichtete von nur 13% in der telogenen Periode; WITZEL und BRAUN-FALCO (1963) fanden, daß sich 15% in der telogenen und 83% in der anagenen Periode befanden. Die Ergebnisse von SAITOH zeigen einen etwas niedrigeren Prozentsatz der W.P. und einen höheren Prozentsatz der R.P.

V. Vergleich über Haarzyklen von demselben Follikel

Jeder Follikel hat eine gewisse Wachstumsautonomie (TROTTER 1924), einen individuellen Rhythmus (ROTHEMAN 1954), (EBLING 1965) und folglich seinen eigenen Zyklus (DANFORTH 1939).

SAITOH maß die Zyklen von 214 Haaren, die aus demselben Follikel wuchsen, um die Längenvariationen in aufeinanderfolgenden Zyklen zu bestimmen. Einige Follikelgruppen zeigten einen maximalen Unterschied von 9 Wochen. Andere, mit 3 oder 7 Haarzyklen, zeigten fast gleiche Längen. Dieselben Variationen wurden im Haar von verschiedenen Körperregionen gefunden, der Durchschnitt betrug rund 3 Wochen.

VI. Haarzyklen und Jahreszeiten

BULLIARD (1934) fand, daß während des Sommers Haar auf seiner eigenen Hand einen Durchschnittszyklus von 170 Tagen hatte und im Winter einen von 150 Tagen. PINKUS (1924) behauptete, daß der Zyklus von Haar auf seiner Brust im Durchschnitt 210 Tage im Sommer und 189 Tage im Winter betrug. Haare von demselben Follikel betragen im Durchschnitt 140 Tage im Sommer und 124 Tage im Winter. Von demselben Follikel auf seiner rechten Hand war ein Zyklus 197 Tage im Sommer und 166 Tage im Winter (PINKUS 1947). Diese Beobachtungen zeigen an, daß Sommerzyklen länger sind als Winterzyklen. PINKUS (1924) bezeichnete diejenigen Haare, die zwischen Februar und Mai herauswuchsen, als Sommerhaare; der Rest war Winterhaare. In den Untersuchungen von SAITOH werden als Sommerhaare diejenigen bezeichnet, die 2/3 oder mehr von seiner W.P. zwischen dem 20. Juni und dem 20. September haben. Haar von denselben Follikeln, das 2/3 oder mehr seiner W.P. zwischen dem 20. Dezember und dem 20. März hat, wird als Winterhaar klassifiziert.

Ein Vergleich zwischen Sommer- und Winter-Haarzyklen wurde auch aufgestellt. Es ist offenbar, daß Sommerhaarzyklen nicht immer länger sind als Winterhaarzyklen. Im Gegenteil, sie sind fast gleich lang. Wenn nur die Längen der W.P. verglichen werden, scheinen in der Tat die vom Sommer etwas kürzer als die vom Winter zu sein. Das Verhältnis Haarwachstum zu R.P. andererseits ist höher im Sommer. TROTTER (1923) berichtete über ein größeres Wachstum von Arm- und Beinhaar im Sommer als im Winter, so auch PINKUS (1924) sowie EATON und EATON (1937).

SAITOH fand während einer 1-Jahr-Periode, daß das Wachstumsverhältnis von 10 Scheitelhaaren im Sommer am höchsten ist. Er folgert, daß Sommerhaar ein höheres Wachstumsverhältnis als Winterhaar hat, aber eine kürzere Wachstumsperiode. PINKUS (1924) stellte fest, daß Haar vom Kreuz im Sommer länger auf seinem Platz bleibt als im Winter. SAITOHs Vergleiche zwischen Sommer- (Juni-August) und Winter- (Dezember-Februar) R.P.-Längen zeigen keinen Unterschied. Auf jeden Fall ist es unpraktisch, die Länge von R.P. durch Untersuchungen von Kreuzhaaren zu schätzen, da äußerliche Faktoren nennliche Unsicherheiten einführen.

VII. Unvermutetes Auswachsen von "neuem Haar"

TROTTER (1924) berichtete, daß neue Haare in der Achselhöhle, auf dem Bein und in der Schamgegend innerhalb einer Woche, nachdem die alten Haare wegrasiert waren, herauswachsen. PINKUS (1947) berichtete, daß von 13 Haaren, die aus demselben Follikel wuchsen, 9 herauswachsen, wenn die alten immer noch da waren und 4 herauskamen, nachdem die alten Haare wegrasiert waren. SAITOH beobachtete das Erscheinen von 664 neuen Haaren in bezug auf alte verlorengegangene Haare und verglich die Körperregionen. Am Scheitel, Augenbraue und Schnurrbart wuchsen meistens neue Haare heraus, nachdem alte Haare wegrasiert waren. Am Arm, Finger und Bein wuchsen in den meisten Fällen neue Haare heraus, bevor die alten verlorengingen. Eine Ursache für den Unterschied zwischen den Körpergegenden ist, daß, während altes Haar am Körper automatisch dazu neigt, in dem Follikel zu bleiben, ist es in den Kopfgegenden einer größeren Anzahl äußerer Einflüsse unterworfen, wie Haarewaschen, Bürsten und Rasieren. Dies beeinflusst das Abwerfen alter Haare.

VIII. Verlust alter Haare

PINKUS (1947) konnte nicht zu einem festen Ergebnis kommen, inwiefern der Verlust von altem Haar jahresbedingt war. Die Ergebnisse von SAITOH zeigen, daß mehr Haare im März und April als im Sommer verlorengehen; die höchste Zurückhaltung tritt im Juli ein.

IX. "Bed hair"

Kreuz-Haare werden manchmal gegen die Hautoberfläche aufgeschoben, ohne auszufallen. UNNA (1876) nannte dies das Wachsen von "bed hair". SEGALL (1918), WOLBACH (1951), MONTAGNA und VAN SCOTT (1958) und STRAILE (1961, 1962, 1965) berichteten auch darüber, daß sie herausgestoßene Kreuzhaare nach der catagenen Periode gesehen hatten. Dies ist kein wirkliches Wachstum (PINKUS 1947), das Kreuzhaar ist einfach automatisch herausgestoßen worden. Es ist oft von SAITOH beobachtet worden, daß das Haar länger wurde ein paar Tage, bevor der Stoppel des alten Haares verlorenging.

X. Haargruppen

SAITOH untersuchte das Scheitelhaar von drei Männern, um die Größe von Haargruppen im Verhältnis zum Alter zu bestimmen. Der jüngste Mann hatte viele multiple Haargruppen mit 2 - 3 Haaren, während bei den Älteren weniger Gruppen vorhanden waren. Ausnahme waren Flaumhaare. ELLIS (1958) berichtete, daß die Haargruppen mit steigendem Alter weniger oder flau-mig wurden. SAITOH hatte keine Erklärung für diese mit dem Alter progressive Verringerung der Haargruppen. DE MEIJERE (1894) fand bei Säugetieren ein Grundmuster von 3 Haaren in einer Gruppe mit dem dicksten Haar in der Mitte; diese sind als MEIJERES Triogruppe bekannt. In den Untersuchungen von SAITOH wurden mehrere Gruppen dieser Art in jeder Region gefunden. Die Haarzyklen der individuellen Haare in solchen Gruppen waren fast dieselben. Das primäre Haar des Fetus wird von sogenanntem sekundärem Haar nach 8 oder 9 Monaten ersetzt (PINKUS 1924), obwohl alles Kopfhaar sich bei der Geburt in der anagenen Periode befindet (KLIGMAN (1955)). PEGORARO (1961) fand aber Wachstumswellen im Kopfhaar der Neugeborenen.

XI. Das Rasieren und seine Einwirkung auf den Haarwuchs

Eine Untersuchung über das Rasieren und den Haarwuchs wurde von LYNNFIELD und MAC WILLIAMS (1970) durchgeführt. Dabei wurde die Wirkung wiederholten Rasierens auf menschlichen Haarwuchs untersucht.

Fünf gesunde, junge weiße Männer rasierten jede Woche ein Bein mehrere Monate lang und ließen das andere Bein als Kontrolle unrasiert. Keine signifikanten Unterschiede betr. totalem Gewicht oder Breite und Grad des Wuchses der individuellen Haare konnten dem Rasieren zugeschrieben werden.

Dermatologen stimmen darin überein, daß das Rasieren keine Einwirkung auf den Haarwuchs hat. Da ja der aktiv wachsende Teil des Haares, also die Wurzel, in der tiefen Haut gelegen ist, sollten Verfahren, die nur auf den Haarschaft oberhalb der Hautoberfläche gerichtet waren, theoretisch nicht das Wachstum beeinflussen. Die Grundlage der Lehrbücherdarlegungen besteht aus Rasierexperimenten, die in den 20er Jahren bei Menschen durchgeführt wurden. Obwohl genau und sorgfältig, wurde nur der Grad des Längenzuwachses der individuellen Haarschäfte gemessen.

Neuere Experimente bei Meerschweinchen und Mäusen zeigten, daß das Schneiden den Haarwuchs dieser Arten beschleunigte. Von einem Versuch zu bestimmen, ob dies auch bei Menschen der Fall wäre, wird weiter unten berichtet (LYNFIELD 1970). Das Einwirken wiederholten Rasierens auf die totale Menge des Haares, das auf einer Hautfläche produziert wird, wurde untersucht. Dies wurde durch Gewicht gemessen, welches sowohl von der Zahl der anagenen Haare als auch von Länge und Breite der individuellen Haare abhängig ist. Die Wirkung wiederholten Rasierens auf den Grad des Wuchses und auf den Durchmesser des individuellen Haares wurde auch gemessen.

Die Versuchspersonen waren gesunde, weiße Männer im Alter von rund 25 Jahren (LYNFIELD 1970). Die vordere Unterschenkelseite wurde zur Untersuchung ausgewählt aufgrund ihres hohen Anteils an telogenen Haaren und der relativ langen Dauer der telogenen Periode. Dies würde es einfacher machen, ein vorzeitiges Eintreten der anagenen Periode zu entdecken als in einem Gebiet mit einem kleinen Anteil von telogenen Haaren und einer kurzen telogenen Dauer, wie auf dem Kopf. Nach TROTTER (1924) befinden sich die meisten Beinhaare (im Durchschnitt 83%) in der telogenen Phase. Sie verbleiben auch viel länger in der telogenen Phase als in der anagenen Phase.

LYNFIELD und MAC WILLIAMS (1970) bekräftigten TROTTERS Arbeit dadurch, daß sie eine differentiale Haarrechnung bei einem Mann durchführten. Die schwarzen Haare auf seinen Beinen wurden gebleicht, dann wurde ihnen 2 Wochen erlaubt zu wachsen, dann wurden sie rasiert und auf pigmentierte proximale Haarschäfte untersucht. Sie würden das Wachstum seit dem Bleichen anzeigen. Haare, die nach 2 Wochen immer noch ganz blond waren, wurden als telogen gezählt. Auf dem linken Bein waren 69% der 142 Haare telogen; auf dem rechten Bein waren es 67% von 90 Haaren.

Messungsmethode

Fünf Männer wurden an den Beinen mit einem geraden Rasiermesser und warmem Wasser rasiert. Eine bis drei Wochen später wurde eine sorgfältig ausgemessene Fläche auf jedem Bein rasiert und all das wegrasierte Haar aufgesammelt. Eine 10 x 10 cm große Viereck-Karte wurde unter die Kniescheibe gelegt mit ihrem oberen Rand horizontal und im Zentrum über die Kniesehne. Die Karte wurde mit Tesafilm umgeklebt und dann entfernt. All das Haar innerhalb der 10 x 10 cm großen Fläche, die durch Tesafilm umrissen war, wurde rasiert und durch vorsichtiges Bürsten auf einer Wangschale gesammelt. Es wurde in einem Ofen mit Kalziumchlorid über Nacht getrocknet und dann auf einer analytischen Waage gewogen. Die Länge und die Breite von 10 getrockneten Haaren jeder Versuchsperson wurde mit einem Okularnikrometer gemessen, das gegen eine Neubauer-Kachonkammer standardisiert war. Während mehrerer Monate danach rasierte jeder der Männer ein Bein wöchentlich und entfernte das Rasierte. Sie rasierten aber nicht das andere Bein. Dann wurden wieder Proben von beiden Beinen sorgfältig genommen. Man rasierte in denselben Zeitabschnitten wie bei der früheren Probensammlung und untersuchte das Haar auf dieselbe Weise.

Tabelle 15 zeigt Einzelheiten über das Rasieren der fünf Versuchspersonen. Tabelle 16 berichtet über die Messungen der Proben. Jeder Wert über Breite und Länge des Haares ist der Mittelwert von 10 Haaren. Die Unterschiede zwischen den Anfangs- und den Schlußmessungen erscheinen auf den ersten Blick nicht signifikant und auch nicht nach statistischen Analysen.

Keine signifikanten Unterschiede im Grad des Haarwachses oder in Länge und Gewicht und keine Vergrößerung der individuellen Haare konnten dem Rasieren zugeschrieben werden.

Der Haarwuchs wird von vielen Faktoren beeinflusst, wie z.B. Temperatur (SAITOH 1970) und Ernährung (RIDER 1950). Diese Faktoren beeinflussen beide Beine, und Unterschiede zwischen einer cruralen Fläche, die wiederholt rasiert wurde und einer symmetrischen Fläche, die unrasiert gelassen wurde, könnten dem Rasieren zugeschrieben werden.

Das Gewicht von Haar, das auf einer konstanten Hautfläche über einen gegebenen Zeitabschnitt produziert wird, ist von der Zahl der wachsenden Haare (% anagen x Zahl der Follikel), dem Durchmesser, der Dichte und dem Grad des Wachstums (Längenzunahme) jeden Haares abhängig. Dies kann durch die Formel

$$W = KAND^2_dL$$

ausgedrückt werden, wo

W = Gewicht des produzierten Haares

K = Konstante

A = Verhältnis anagene zu den gesamten Haaren

N = Zahl der Follikel der Fläche

D = Durchmesser des Haares

d = Dichte des Haares

L = Grad der erhöhten Länge

ist.

Angenommen, daß N, D, d und L konstant verbleiben, so wechselt W nur mit A. Die Ergebnisse zeigten keine signifikante Änderung für D und L, und es gab keinen Grund, eine Veränderung von D oder d zu vermuten. Messungen von W zeigten keine signifikante Änderung, und deshalb wurde A durch das Rasieren nicht geändert. Falls W sich deutlich bei diesem Versuch verändert hätte, wäre der nächste Schritt gewesen, die Haare jeder Probe zu zählen, die alle anagene Haare waren und d nur die anagenen Haare in jeder 100 cm² untersuchten cruralen Fläche. Eine Vergrößerung der Zahl der anagenen Haare hätte dann direkt demonstriert werden können.

Dieser Versuch zeigte deutlich, daß das Kasieren das Haar nicht beeinflußt, schneller zu wachsen oder neues Haar zu produzieren. Dies ist in englischer Fachliteratur früher schon beschrieben worden, aber japanische Untersuchungen, die durch SAITOH (1970) ausgeführt wurden, stimmten darin nicht überein. SAITOHs eigene Messungen über Brusthaare, die zweimal wöchentlich rasiert wurden, zeigten aber keine Einwirkungen auf den Wachstumsgrad.

Tabelle 15:

Person	Alter	Untersuchungszeit in Wochen	Tage des Wachsens der rasierten Proben
Z	26	19	22
F	27	9	8
M	23	16	14
S	24	15	14
V	24	16	8

Tabelle 16:

Person u. Bein	Haarbreite μm			Haarwachstum mm/Tag			Haarwachstum mm/Tag		
	Beg.	Ende	Diff.	Beg.	Ende	Diff.	Beg.	Ende	Diff.
Z Test	54	51	- 3	.25	.23	-.02	.32	.72	+.40
Kontr.	59	58	- 1	.26	.24	-.02	.43	.56	+.13
F Test	80	80	0	.31	.30	-.01	1.11	.66	-.45
Kontr.	80	72	- 8	.35	.32	-.03	1.30	1.02	-.28
M Test	51	61	+10	.31	.29	-.02	.38	.54	+.16
Kontr.	56	65	+ 9	.28	.30	+.02	.32	.58	+.26
S Test	49	59	+10	.28	.29	+.01	.62	.86	+.24
Kontr.	56	53	- 3	.27	.24	-.03	.48	.66	+.18
V Test	70	59	-11	.24	.30	+.06	.44	.61	+.17
Kontr.	78	43	-35	.26	.30	+.04	.44	.61	+.17

XIII. Sexuelle Aktivität und Bartwachstum

In Leserbriefen an "Nature" wird das Bartwachstum und seine Ursachen diskutiert (ANONYMOUS 2(1970)). Der anonyme Einsender "anon" berichtet, daß die Aussicht auf einen Festlandbesuch mit seinen begleitenden Vergnügungen zu einem vergrößerten Betrag des Rasierens geführt hat. Ursache dafür, meint er, sei die bevorstehende sexuelle Aktivität.

Verschiedene Autoren haben dazu Stellung genommen und versucht, die Ursachen des gesteigerten Bartwachstums zu erklären. So ist es z.B. bekannt, daß die Hautdicke während der ersten zwei oder drei Stunden nach dem Wechsel von in Ruhe liegend zu einer aufrechten Haltung abnimmt. Die Haare treten dadurch aus der Hautoberfläche stärker hervor. Dieses Phänomen könnte auch erklären, warum zwischen 8.00 und 13.00 Uhr der Höhepunkt des Bartwachses liegt.

Der Wassergehalt der lebenden Haut ist also variabel und kann auf den Grad der Protrusion des Haares einwirken. Ein zweiter schwerwiegender Faktor könnte der Grad der Spannung sein, der durch den Aufrichtmuskel des Haares verursacht wird; je mehr dieser Muskel sich zusammenzieht, desto stärker vertikal stellt sich das Haar und desto stärker tritt das Haar aus der Haut hervor.

"Anon" verteidigte seine Behauptung, daß der Grad des Haarwachses wechseln kann, mit der Tatsache, daß der Bartwuchs des Mannes zwischen 8.00 und 13.00 Uhr am stärksten ist. Dies würde auf einen Rhythmus hinweisen. Aber dies ist gewiß nicht erwiesen worden. SAITOH (1970) bemerkte, daß der Grad des Haarwachses als schnell am Tag (2 Referenten), schneller in der Nacht (3 Referenten) oder als gleich schnell zu allen Zeiten (2 Referenten) beschrieben worden war. Aus seinen eigenen Versuchen schließt er, daß kein signifikanter Wechsel im Grad des Haarwachses beim Mann während des Tages vorhanden war. Aber in einem Punkt bestätigte er "Anon", und zwar, daß bei einem individuellen Mann von Tag zu Tag eine Veränderung in der Länge des Haares, das aus der Haut hervortritt, vorhanden sein kann. Aber in seinem Fall waren die Messungen auf Kopfhaar bezogen. Kopfhaar reagiert nicht auf Androgene wie z.B. der Bart.

Da kein Tagesrhythmus vorhanden war, besteht kein Zusammenhang mit den Kortisonen. "Anon" hatte einen solchen Zusammenhang vorausgesetzt. Es sollte aber erwähnt werden, daß, wenn je die glucocorticoiden Hormone getestet wurden, sie dazu neigten, das Gewebswachstum zu hemmen. Eine Ausnahme wäre, daß gesteigerter Bartwuchs in der Pubertät eine Folge der ausgeschütteten Androgene sei. Sonst verdankt der Bart bei einem erwachsenen Mann sein Wachstum vielmehr einer genetischen Prädisposition als dem Androgenspiegel.

Man hat auch bei erwachsenen männlichen Tieren gefunden, daß die Androgene den Haarwuchs nicht fördern.

Die sexuelle Aktivität verursacht weit verbreitete physiologische Veränderungen. Um nur eine zu erwähnen, so ist ein höherer Sekretionsgrad der Stresshormone vorhanden. Dies allein könnte den Grad der Feuchtigkeit der Haut dadurch ändern, daß sie zu einem Wechsel im Fließen des Blutes in den Hautkapillaren führt. Durch Vergrößerung der Spannung des Musculus erector könnte die Proportion des Haarschaftes, der aus der Haut hervortritt, vergrößert werden. "Anon" selbst bemerkt, daß Spannung, Angst und Nervosität Formen des Stress sind, die alle mit einem vergrößerten Bartwuchs verbunden waren. Auch übermäßige geistige Müdigkeit und Alkoholkonsum sollen den Bartwuchs steigern, dagegen aber übertriebene physische Bewegung und hohe Umgebungstemperaturen das Wachstum hemmen. Das gestiegene Bartwachstum ist deshalb keine direkte androgene Auswirkung, sondern vielmehr eine Stimulation, die vom Gefühl direkt abhängig ist.

Erstaunlich ist, daß "Anon" übermäßige geistige Müdigkeit als stimulierende Wirkung ansieht. Es ist sonst bekannt, daß dies sowie übermäßige physische Übungen und andere Formen von erstem Stress effektiv alles sexuelle Verlangen hemmen und sogar zu totaler Impotenz führen kann.

Es scheint deshalb, daß leichter emotioneller Stress eine stimulierende Auswirkung auf Bartwuchs haben kann, während ernsterer Stress hemmend wirkt.

F. Einwirkungen von Medikamenten auf das Haar und dessen

Wachstum

Kenntnisse über endogene Faktoren, die das Haar und sein Wachstum beeinflussen, sind wichtig, bevor irgendein Fortschritt in der vernünftigen Anwendung von Arzneimitteln erreicht werden kann (CHURCH 1969).

I. Abnormer Haarausfall

In der Kopfhaut durchläuft jeder Follikel eine Wachstums-Phase, die man anagen nennt und die 3 bis 4 Jahre anhält. Darauf folgt eine kurze Übergangsphase, catagen genannt, und dann eine Ruhephase von mehreren Monaten, telogen genannt. Rund 10% der Kopfhaare befinden sich in der Ruhepause. Wenn der Haarfollikel wieder seine Aktivität aufnimmt durch das Produzieren eines neuen Haares, wird das alte Haar abgeworfen. Der Durchschnitt der täglich ausgefallenen Haare beträgt 20 bis 100 Haare.

Eine abnormale Erhöhung der täglich abgeworfenen Haare kann aus 4 Gründen verursacht sein:

1. Aktiv wachsende Haarwurzeln können durch antimitotische Arzneien beschädigt worden sein (siehe III.1).
2. Der Übergang des Haares von der aktiven Phase in die Ruheperiode kann so beschleunigt werden, daß große Mengen von Ruhehaaren daraufhin abgeworfen werden. Dies kann die ganze Kopfhaut befallen (telogenes Effluvium), oder flächenweise vorkommen (Alopecia areata) (siehe III.2).
3. Entzündungskrankheiten der Kopfhaut können die Haarfollikeln beschädigen und zum Haarausfall führen (siehe IV.1. 2.3.4).
4. Der Haarschaft kann durch ein extremes Trauma beschädigt werden (meistens beim Friseur) und das Haar dadurch dicht an der Kopfhaut abbrechen (siehe V).

Bei einigen dieser Fälle wird der Schaden lokalisiert auftreten, und der Patient wird sich über eine kahle Fläche beschweren. Wenn aber der Haarausfall den ganzen Kopf befällt, müssen mehr als 25% der Haare ausfallen, bevor man eine Verdünnung des Haares bemerkt.

Es ist deshalb wichtig, zwischen diesen Fällen und zwischen dem schleichenden Vorgang des Haarausfalls zu unterscheiden.

II. Haarverdünnung

Das Muster des schleichenden Haarausfalls ist bei Männern nur allzu bekannt. Es beginnt entweder mit einem frontalen Rückgang des Haaransatzes oder mit einer Lichtung oben auf dem Kopf und schreitet manchmal bis zu einer totalen Glatze vorwärts. Die erste sichtbare Veränderung in diesen Gegenden ist eine Abnahme der Länge und des Durchmessers des Haares. Anschließend folgt eine Produktion von Vellushaar. Diese Reduktion der Wachstumslänge ist das Ergebnis einer verkürzten anagenen Periode. Dies kann zu einem gesteigerten Haarausfall führen, er wird aber nicht immer bemerkt. Manchmal verringert sich das Wachstum der Vellushaare, da die Vellusfollikel sich zurückbilden. Histologisch gesehen schrumpfen die Follikel und lassen ein sklerosiertes und hyalines Gewebe zurück. Nur Talg- und Schweiß-Drüsen bleiben übrig. Wenn die Glatze einmal so weit vorgeschritten ist, führen keine therapeutischen Anstrengungen mehr zu einem positiven Ergebnis.

III. Andere Ursachen, welche den Haarausfall beeinflussen

1. Antimitotische Medikamente

Kopfhaar wächst viel schneller als Haar auf anderen Körperflächen. Rund 90% der Haarwurzeln befinden sich in einem aktiven Wachstumszustand. Die Matrixzellen der Haarzwiebel zeigen eine hohe mitotische Aktivität. Diese Haare reagieren sehr empfindlich auf antimitotische Arzneien. Aminopterin, Methotrexat ("Amethopterin"), Colchicin, Demecolcin ("Colcemid") und Thiotepa verursachen alle Haarausfall. Die Intensität des Schadens ist von Dosis und Dauer der Behandlung abhängig. Zum Zeitpunkt der Beschädigung hört das Wachstum auf, und das Haar bricht über der keratogenen Zone ab. Wenn die Therapie aufhört, fängt das Wachsen des Haares wieder an.

2. Telogenes Effluvium

Ein plötzliches diffuses Ausfallen der Haare kann rund drei Monate nach einer Entbindung, einer fiebrigen Krankheit oder als Antwort auf emotionellen Stress eintreten.

Eine Behandlung ist nicht angezeigt, da das Haar bald wieder auswächst. Ein ähnlicher Haarausfall kann hervorgerufen werden durch den Übertritt einer großen Zahl aktiv wachsender Haare in der Ruhepause, verursacht durch eine Behandlung mit Antikoagulantien, wie Heparin, Heparinoid und Koumarin. Auch hier wird das Haarwachstum wieder normal, wenn die Therapie aufhört.

3. Eisenmangel

Eisenmangel wurde erstmals von HARD (1963) als Ursache von diffusem Haarausfall beschrieben. Er beschrieb dies bei Frauen, die zwischen 30 und 45 Jahre alt waren. Er betrachtete Anämie als vorhanden, falls der Hämoglobingehalt niedriger als 11 g/100 ml lag und Eisenmangel als vorhanden, falls das Serumeisen weniger als 60 bis 70 µg/100 ml betrug. Eine Behandlung mit oralem Eisen ergab ein zufriedenstellendes Wiederwachsen der Haare.

Weiterhin wurde von SANDERSON (1967) ein plötzlicher Haarverlust bei Blutspendern beschrieben, deren Serumeisen unter den normalen Wert gefallen war.

Solche Fälle sind nicht gewöhnlich, aber man hat gefunden, daß 8 von 150 Frauen, die über Haarausfall klagten, an Eisenmangel litten.

4. Hyperthyroidismus

Hyperthyroidismus kann gelegentlich einen übermäßigen Haarausfall verursachen. Er geht zurück, wenn dieser Zustand behandelt wird. Gelegentlich kann aber die Behandlung mit Karbimazol zu einem plötzlichen unheilvollen Verlust von Haaren führen. Der Mechanismus ist nicht klar, aber in dem folgenden Beispiel konnte er teilweise geklärt werden durch Übertritt zu Hypothyroidismus.

N.N., 49 J., wurde im Febr. 67 als thyrotoxisch diagnostiziert und mit Radioiod, gefolgt von Karbimazol, behandelt. Im Sept. 67 war sie hypothyroid. Des proteingebundene Iod (P.B.I.) betrug 2,3 µg/100 ml. Während des folgenden Monats verlor sie plötzlich große Mengen von Kopfhaar.

Die Karbimazoltherapie wurde eingestellt, und im Nov. 67 wuchs schon Haar normaler Dichte auf dem ganzen Kopf.

In anderen publizierten Fällen hat eine fortgesetzte Dargreichung des Medikamentes das Wiederwachsen des Haares nicht verhindert.

5. Hypothyroidismus

Hypothyroidismus ist bekannt als Ursache von Haarausfall und wurde in Zusammenhang mit diesem Leiden bei 10% von 150 Frauen gefunden (ECKFRT 1967). Bei einer Reihe von Patientinnen, die an Haarverlust litten und nachher volles Wiederwachsen zeigten, besteht wenig Zweifel daran, daß Hypothyroidismus die Ursache war, wie folgende Krankengeschichte zeigt:

M.M., 39 Jahre alt, beschwerte sich über Schwellung der Augenlider und allgemeine Symptome des Hypothyroidismus. Der tägliche Durchschnittsverlust von Haar betrug 304 Haare (die obere normale Grenze liegt bei 100 Haaren). Eine Untersuchung der ausgezupften Haarwurzeln zeigte, daß sich 25% in der telogenen Phase befanden. Das P.B.J. war mit $1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (normal über $3,8 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) erniedrigt. Diese Ergebnisse ergaben die Diagnose Hypothyroidismus. Drei Monate später, nachdem alle ihre Symptome gebessert worden waren, nach einer täglichen Dosis von 0,3 mg Thyroxin, betrug der tägliche Verlust der Haare 14 Stück, und nur 1% der gezupften Haare befanden sich in der Ruhephase.

IV. Medikamente, die den Haarwuchs bei entzündlichen Krankheiten der Kopfhaut wieder fördern

1. Lokale Kortikosteroide

Die gewöhnlichen diffusen Krankheiten der Kopfhaut, welche das Haar zum Ausfall bringen, sind seborrhoische Dermatitis und Psoriasis. Glücklicherweise ist ein ernsthafter Haarausfall bei Psoriasis ungewöhnlich. Die niedrigste Stufe der seborrhoischen Dermatitis ist ein schuppiger Haarboden, und es besteht kein Zweifel daran, daß dieser den Haarausfall begünstigt.

Er hat aber keinen Einfluß auf den Übertritt von Terminalhaaren zu Vellushaaren. Bei der ernsteren, entzündeten, seborrhoeischen Dermatitis des Kopfbodens besteht oft starker Haarausfall, der ernst genug sein kann, um einen diffusen Haarausfall hervorzubringen. Sekundär spielt bei vielen der ernsteren Fälle eine pyogene Infektion eine gewisse Rolle, und als initiale Behandlung sind Korticosteroid-Salben mit einem Antibiotikum kombiniert, die jeden Abend nach dem Waschen der Kopfhaut aufgetragen werden, am wirkungsvollsten, um Entzündungen und Exsudation unter Kontrolle zu halten.

Nicht selten erfaßt ein chronischer discoider Lupus erythematosus den Kopfhairboden und erzeugt dabei abgegrenzte Flecken mit Haarverlust und der charakteristischen schuppigen, roten und narbigen Haut. Der größte Teil der Flecken kann narbig werden, aber wenn die Krankheit unterdrückt wird, kann eine ermutigende Zahl von Haarfollikeln wieder Haare produzieren. Die wirkungsvollste Applikation ist eine 0,2%-ige Fluocinoloneacetonid-Creme, die 2 - 3 mal täglich aufgetragen wird. Wo dies versagt, können die Veränderungen mit Triamcinolon unterspritzt werden.

2. Schwefel

Das effektivste Heilmittel gegen eine ernste seborrhoeische Dermatitis der Kopfhaut ist Schwefel, welcher gewöhnlich auf einer Cremebasis appliziert wird: z.B. 2% Schwefel und Salicylsäure. Diese Creme kann nach dem Waschen des Haars jeden Abend auf den Haarboden aufgetragen werden.

3. Seleniumsulfid

Dieses Mittel ist in den letzten Jahren häufig verwendet worden, um Schorf zu bekämpfen. Es ist auch Bestandteil vieler Kopfwaschmittel. Alarm wurde durch Berichte gegeben, daß wiederholte Verwendung Haarverlust verursachte (GROVER 1956), aber neuere Untersuchungen von ORENTLICH und BERGER (1964) haben diese Beobachtung nicht bestätigen können. Da Frauen finden, daß eine häufige Anwendung die Sekretion von Fett fördert, sollten selenhaltige Mittel, wenn der Schorf einmal eingedämmt ist, am besten nur einmal im Monat verwendet werden und zwischendurch ein normales Kopfwaschmittel.

4. Griseofulvin

Griseofulvin ist das Hauptmedikament bei allen gewöhnlichen Typen von *Trichophytia superficialis* geworden. Eine Pilzinfektion des Kopphaares ruft einen flächigen partiellen Haarverlust mit Entzündung der darunterliegenden Haut hervor. Sie wechselt in der Stärke abhängig von der Art des Pilzes. Bei einigen *Microsporon*infektionen (*M. audouinii*) tritt Rötung und eine schuppige Haut hervor, und die befallene Kopfhaut ist mit zerstreuten abgebrochenen Haarstümpfen bedeckt. Bei *Microsporon*infektionen, die von Katzen und Hunden (*M. canis*) übertragen werden, sind die abgebrochenen Haare auf einer Fläche mit leicht schuppigen Erythen ab und zu mit Pusteln gesprenkelt. Mikroskopische Untersuchungen der Stümpfe enthüllen Massen von Sporen, die den beschädigten Schaft umringen, und eine Untersuchung der Kopfhaut unter Wood-Licht zeigt die infizierten Haare durch eine hell türkisfarbene Fluoreszenz an.

Es ist wichtig zu wissen, daß *Microsporon*infektionen fast nur bei Kindern unter der Pubertät auftreten und daß sie während der letzten Jahre selten geworden sind, so daß eine flächige Kahlheit in Verbindung mit einer normal aussehenden Haut wahrscheinlich *Alopecia areata* ist. Vieh-*Trichophytia superficialis* (*T. verrucosum* und *T. mentagrophytes*) erzeugt eine entzündete pustuläre Fläche auf dem Haarboden, die so ernst sein kann, daß sie wie ein Abszeß aussieht. Das Wood-Licht ruft bei diesen Verletzungen keine Fluoreszenz hervor, aber die Diagnose kann durch eine mikroskopische Untersuchung und durch eine Pilzkultur bestätigt werden. Bei *Microsporon*infektionen ist es notwendig, das Kind von der Schule fernzuhalten, falls die Diagnose bestätigt wird, da es immer noch während der Behandlung potentiell infiziert ist. Die Erwachsenenosis von feinpunktulärer Griseofulvin beträgt 125 mg 4 x täglich, die für ein Kind ist vom Alter abhängig und beträgt minimal 125 mg täglich. Bei *T. verrucosum* ist es wichtig, die Behandlung 8 - 10 Wochen durchzuführen; sonst wird die Verletzung, die nach einem Monat als geheilt erscheint, wieder auftreten. Fortschritte bei *Microsporon*infektion können schneller durch das Entfernen von infizierten Stümpfen unter Wood-Licht erreicht werden, und für gewöhnlich ist die Infektion nach 3 - 4 Wochen klinisch negativ;

die meisten Fälle sind in der Kultur nach 10 Wochen negativ. Ausbrüche von Microsporoninfektionen in Schulen für ärmere Bevölkerung können bekämpft werden durch die Verabreichung einer Einzeldosis von 3 g Griseofulvin an alle Kinder, die unter Wood-Licht eine Infektion zeigen. Die meisten sind nach 7 Wochen klinisch geheilt und nach 10 Wochen kultur-negativ; diejenigen, die danach nicht gesäubert waren, reagierten auf eine zweite Einzeldosis.

V. Chemikalien, die den Haarschaft zerstören

Bei vielen Patienten wird der plötzliche Haarverlust nicht durch Haarausfall von dem Follikel verursacht, sondern durch das Abbrechen des Haarschaftes nahe dem Haarboden, eine Situation, die sichtbar eine Fläche von kurzen Haaren normaler Dichte zurückläßt (CHURCH 1969). Eine chemische Beschädigung des Haarschaftes beim Friseur ist die gewöhnliche Ursache, obwohl ab und zu ein zu heißes Kämmen (um lockiges Haar zu glätten) einen ähnlichen Schaden hervorruft. Die aktiven Bestandteile der Dauerwelllösungen sind für gewöhnlich Salze der Thioglycolsäure, welche die Disulfid-Bindungen des Keratinmoleküls brechen und das Haar weich machen, so daß es geformt werden kann. Die Bindungen werden dann rekonstruiert durch Oxidation mittels Kaliumbromat oder Natriumperborat, um dem Haar die gewünschte Form zu geben. Haarglätter enthalten starke Alkalien, wie Natrium- und Bariumhydroxid, welche Keratin hydrolisieren und das Haar befähigen, glatt zu werden. Danach wird es mit Formalin gefestigt.

Wenn eines dieser Verfahren zu lange angewendet wird, wird das Haar abbrechen oder gekräuselt werden. Eine gewöhnliche Ursache eines solchen Schadens ist die Behandlung von Haar, das schon übermäßig mit wasserstoffsuperoxyd gebleicht worden war. Dies hat das Haar trocken und glanzlos gemacht, und es neigt mehr dazu, durch Dauerwell-Lösungen beschädigt zu werden. Eine andere Ursache ist die unkluge Wiederholung des Dauerwellverfahrens nach ein paar Tagen, weil der erste Versuch ein unbefriedigendes Ergebnis brachte.

SCHIMPF (1966) berichtet über einen beobachteten Fall, bei dem nach Entfärbung und Haarbleichung ein Haarschbruch größeren Umfangs und ausgedehnte Kopfhautnekrosen auftraten.

Eine 22jährige Näherin fürbte sich seit dem 19. Lebensjahr alle 4 - 6 Wochen die Haare selbst mit Wellaton (blauschwarz). Am 18.7.64 suchte sie einen Friseursalon auf, um sich das Haar bleichen zu lassen. Dabei wurde Eipon, Reducta, Olapon, Blondor Supra, Welloxyd 9%, Blondor-Creme, Kräuter-Azid und Life-Tex-Balsam verwendet. Das Haar wurde gewaschen, mit einem Handtuch abgetrocknet, dann ein "Bleichmittel" aufgetragen. Danach kam sie unter die Trockenhaube, anschließend wurde das "Bleichmittel" ausgewaschen und nachfolgend ein "stärkeres Bleichmittel" appliziert. Danach habe sie wieder unter der Trockenhaube gesessen. Danach - also nach zweimaligem Waschen, zweimaliger Applikation eines Blondiermittels und zweimaliger Wärmeanwendung - sei bei ihr erstmalig ein Brennen der Kopfhaut aufgetreten. Nach dem 3. Auswaschen des stärkeren Bleichmittels war die Kopfhaut "gefühllos" und das zuvor schulterlange Haar bis auf 10 cm Länge abgebrochen. - Etwa 1 1/2 bis 2 Stunden später bemerkte die Kranke zu Hause, daß der Kopf "feucht" sei und daß sich eine "weiße, klebrige Masse" absondere. Erst am 19.7.64 suchte die Kranke einen Arzt auf, da das Gesicht und die Kopfhaut geschwollen waren. Sie bekam 2 Injektionen. Am 22.7.64 wurde die Kranke wegen ausgedehnter Nekrosen im Bereich des behaarten Kopfes stationär in der Universitätsklinik aufgenommen.

Lokalbefund: Der behaarte Kopf, die Haut-Haar-Grenze der seitlichen Kopfparten und des Nackens sowie die Ohrmuschel waren befallen. Handtellergröße Nekrosen mit festhaftendem, blauschwarzem Ättschorf bedeckten den Kopf. "Abrinnspuren" waren an den Ohrmuscheln zu sehen.

Verlauf: Nachdem intern antibiotisch und lokal antibakteriell behandelt wurde, kam es weitgehend zur Abstoßung der Nekrosen, zur Reinigung der durch die Nekrosen bedingten Ulcerationen und zur Bildung von Granulationen. Die Kranke klagte aber über Kopfschmerzen und Klopfempfindlichkeit der Schädelkalotte. Eine Röntgenaufnahme des Schädels bestätigte die Verdachtsdiagnose einer beginnenden Osteomyelitis. Die osteomyelitisch veränderten Bezirke der Tabula externa wurden abgetragen und später mit Spalthautlappen bedeckt.

Die Patientin wurde dann am 18.1.65 entlassen. Die Deckung der Defekte war dann bis auf 2 kleine, etwa linsengroße Stellen gelungen.

Am 19.2.1966 wurde die Kranke anlässlich einer vom Gericht veranlaßten Begutachtung ambulant untersucht. Es bestand ein Zustand nach Verätzung III. bzw. an umschriebenen Partien auch II. Grades, nach örtlicher Osteomyelitis der Schädelkalotte und Deckung mit Spalthautlappen, im Bereich der Kopfhaut, der Haut-Haargrenze der seitlichen Kopfpartien, des Nackens und der Ohrmuschel.

Die Kranke klagte auch über "Kopfschmerzen bei jedem Wetterumschlag und Schwindelanfälle und Kopfschmerzen nach der kleinsten Aufregung".

Eine Erörterung über die Vorkommnisse am Tage der Haarbleichung (18.7.64) stützt sich ausschließlich auf die Mitteilungen der Kranken als damaliger Bedienungskundin und auf die des Personals. Die Präparate, die verwendet wurden, waren ausschließlich originalverpackte Präparate der Wella AG. Folgende Möglichkeiten der Entstehung des Schadens wurden erörtert:

1. Durch vorherige Anwendung eines Metall-Haarfärbemittels könnte die Schädigung erfolgt sein. Die Patientin gibt aber an, daß kein solches Mittel verwndet worden war.
2. Laut Gebrauchsanweisung muß Bleichmittel nur auf ungewaschenes Haar aufgetragen werden, und es wird auch abgeraten von Wärmezufuhr. Diese Anweisungen wurden aber nicht befolgt. Hinzu kam aber auch, daß das Haar bereits früher durch oxydative Haarfärbemittel chemisch verändert war.

Die Entstehung der in diesem Fall aufgetretenen Kopfhautverätzungen geht ausschließlich auf eine unsachgemäße Manipulation bei der Haarbleichung zurück. Durch die mehrmaligen Waschungen wurde die Kopfhaut durch Quellung empfindlicher und durch die mehrfache Wärmezufuhr das Haar chemisch stärker angegriffen. Durch die Zufuhr von Wärme gelangen auch die Bleichmittel dicht auf die Kopfhaut.

VI. Hirsutismus

Das Auftreten von einem starken Haarwuchs im Gesicht der Frauen verursacht ein noch stärkeres psychologisches Trauma als der Verlust des Kopfhaares.

Der Bartwuchs steht unter androgener Kontrolle, aber die jetzigen Methoden, eine androgene Exkretion zu bestimmen, enthüllen nur teilweise eine Abnormalität. Für den s.g. idiopathischen Hirsutismus können z.Zt. nur eine Entfernung der Haare durch Elektrolyse oder Modifikationen des Rasierens empfohlen werden. Antiandrogene Medikamente sind aber verwendet worden, und bei klinischen Versuchen hat man gefunden, daß 17 -Methyl- β -nor-testosteron bei 20 von 28 Frauen den idiopathischen Hirsutismus verringert. Es wurde ihnen 5 bis 17 Monate lang verabreicht (ZARATE 1966).

Das Medikament wurde in täglichen Dosen von 50 bis 400 mg oral gegeben, und die Abnahme des Haarwachstums wurde durch Wiegen der gesammelten Haarproben geschätzt.

VII. Depigmentation des Kopfhaares

ZABEL (1968) berichtete von einem 7jährigen Knaben, der zur Konsultation mit auffälliger Depigmentation des Kopfhaares überwiesen war. Wegen eines Keuchhustens war dem Jungen Chloramphenicol verordnet worden. Nach 14-tägiger Applikation begann das Kind zu schielen, es tastete sich wie ein Blinder weiter und verkroch sich am liebsten in einem dunklen Zimmerwinkel. Die Sehstörung ging allerdings schnell zurück, und der Augenarzt konnte bei einer Vorstellung 4 Tage später keinen krankhaften Befund feststellen. Aber 7 Wochen später fiel eine Weißfärbung der nachwachsenden Kopfhaare auf. Bei einer Untersuchung der Medikamente stellte sich heraus, daß die Mutter dem Knaben irrtümlicherweise 14 Tage lang Chloro-chindiphosphat in einer Gesamtmenge von 13,25 g verabreicht hatte.

Der 7jährige Junge befand sich bei der Konsultation in einem mäßigen Ernährungs- und Körperzustand; sein Körpergewicht betrug 25,5 kg. Das dunkelblonde Haar war vollständig weiß nachgewachsen, die depigmentierte Zone betrug 1,3 cm. Bei Betrachtung des Kopfhaares unter dem Wood-Licht konnte keine Fluoreszenz nachgewiesen werden.

Das Kind wurde eine Zeitlang beobachtet, und das Allgemeinbefinden war gut. Bei der Entlassung betrug die depigmentierte Haarzone 1,6 cm. Man konnte ein Nachwachsen des blonden Kopfhaares feststellen. Ein halbes Jahr später war das Haar unauffällig.

Chloroquine ist chemisch ein 7-Chlor-4-(4-diäthylamino-1-methyl-butylamino)-Chinolin.

Als Nebenwirkung wird ein "Bleichen" der Haare gelegentlich nach Medikamentengabe vorkommen. Das für die Angehörigen des Knaben so dramatische Auftreten von "weißen Haaren" wurde unter einer Chloroquine-Therapie schon oft beobachtet (KNIERER 1955). Schon 1959 wurden von SAUNDERS, FITZPATRICK u.a. (1959) klinische und tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage einer Depigmentation der Haare unter einer Chloroquinzufuhr angestellt: sie fanden interessanterweise nur eine Leukotrichie bei Trägern roter und blonder Haare, seltener bei dunkelblonden. Bei Negern und Japanern mit schwarzen Haaren ebenso wie bei Hühnern mit schwarzem Gefieder waren keinerlei Zeichen einer Entfärbung nachweisbar. Aus diesen Befunden wurde geschlossen, daß Chlorochindiphosphat auf die Melanogenese aus Tyroxin keinen Einfluß ausübt, wohl aber den zu gelben und roten Pigmenten führenden Stoffwechsel (Tryptophan) stören kann.

C. Diskussion und Zusammenfassung.

Zu Beginn der Arbeit wird zunächst in einer kurzen Einleitung die Korrelation der im Haar enthaltenen verschiedenen Metalle bezüglich Zeit und Konzentration zu dem Metallgehalt des Blutes behandelt. Im folgenden Kapitel wird dann zuerst über ein neues Verfahren Spurenelemente im Haar des Menschen festzustellen, berichtet. Durch das empfindliche Verfahren der Aktivierungsanalyse, kann man jetzt einfacher und genauer Spurenelemente im Haar feststellen. Dieses Verfahren hat in der Gerichtsmedizin schon Bedeutung erlangt. Die Unterschiede der Spurenelementkonzentrationen im Haar des Menschen, die sehr groß sein können, werden dann nach Geschlecht, Alter, Haarfarbe und Umwelt geordnet. An so genannten Konzentrations-Verteilungs-Histogramme können wir dann die Konzentrationen einiger im Haar vorhandenen Spurenelemente ablesen.

Das nächste Kapitel über Spezielle Spurenelemente im Haar berichtet zuerst über die Metalle Blei, Quecksilber, Chrom, Zink, Kupfer und Strontium. Interessant ist dabei die hohe Konzentration an Blei im Haar von Kindern, die an Bleivergiftung litten, und zwar nach oraler Aufnahme von Blei, das in Mörtel enthalten war. Als einziges Nichtmetall wird dann Arsen behandelt.

Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit den Wasch- und Untersuchungsmethoden des Haares. Dabei werden der Reihe nach verschiedene Waschmethoden ausprobiert. HARRISSON (1969) verglich Haar, das mit einem ionenfreien Waschmittel gewaschen war, mit Haar, das mit einem chemischen Lösungsmittel gewaschen worden war. Auch die Wirkung anderer Waschparameter, wie z.B. die Dauer des Waschens und

die Menge des Waschmittels, wurde untersucht. Nur Zink schien durch die verlängerten Waschzeiten beeinflusst zu werden. Dagegen hatte die Menge des Waschmittels keinen Einfluss auf die Konzentrationen der Spurenelemente.

Das nächste große Kapitel behandelt das Wachstum des Haares. Dabei werden zuerst verschiedene Methoden, die Länge der Haarzyklen zu bestimmen, erörtert. Danach wird über die Haarzyklen der verschiedenen Körperregionen berichtet, und zwar über die von Kopf, Finger, Brust, Bein, Schläfe, Arm, Schnurrbart und Scheitel. Man stellte fest, daß die Länge der Haarzyklen beim Menschen mit den verschiedenen Regionen des Körpers wechselt. So hat z.B. das Kopfhaar einen viel längeren Zyklus als die Haare der anderen Körperteile. Vergleiche zwischen der Wachstumsperiode und der Ruheperiode werden auch gemacht, ebenso über Haarzyklen von demselben Follikel. Man stellte auch fest, daß die Länge der Haarzyklen von den Jahreszeiten beeinflusst werden kann. Ein weiterer Abschnitt dieses Kapitels befasst sich mit der Einwirkung des Rasierens auf den Haarwuchs. LYNFIELD und MAC WILLIAMS (1970) stellen fest, daß keine signifikante Unterschiede betr. totalem Gewicht oder Breite und Grad des Wuchses der individuellen Haare dem Rasieren zugeschrieben werden können.

Der letzte Abschnitt dieses Kapitels befasst sich mit der Einwirkung der sexuellen Aktivität auf das Bartwachstum: Hierbei konnte man keinen direkten Zusammenhang zwischen Bartwachstum und sexueller Aktivität feststellen.

Das letzte Kapitel enthält eine Übersicht über die Einwirkungen von verschiedenen Medikamenten auf das Haarwachstum. Zuerst werden als mögliche Ursache eines Haarausfalles antimetabolische Medikamente wie Aminopterin, Methotrexat, Colchicin, Demecolcin und Thiotepe behandelt. Auch ein plötzliches diffuses Ausfallen der Haare rund drei Monate nach

einer Entbindung, einer fiebrigen Krankheit oder als Antwort auf emotionellen Stress, kann eintreten. Eine Behandlung ist in diesen Fällen nicht nötig, da das Haar bald wieder nachwächst. Auch Eisenmangel ist von HARD (1963) als Ursache von Haarausfall angegeben. Diese Erscheinung ist auch bei Blutspendern beobachtet worden, bei denen das Serumeisen unter die Norm gesunken war. Auch Hyperthyroidismus kann gelegentlich zu Haarverlust führen. Er geht aber zurück, wenn dieser Zustand behandelt wird. Gelegentlich kann die Behandlung mit Karbimazol zu einem plötzlichen Verlust von Haaren führen. Dies kann durch Übertritt zu Hypothyroidismus geklärt werden.

In diesem letzten Kapitel werden auch Medikamente genannt, die den Haarwuchs bei entzündlichen Krankheiten der Kopfhaut wieder fördern. Diese sind z.B. lokal angewandte Kortikosteroide, Schwefel, Selenulfid und Griseofulvin.

Im letzten Anteil dieses Abschnittes wird auch kurz auf die Gefahr hingewiesen, stark gefärbtes oder gebleichtes Haar einer Dauerwellbehandlung auszusetzen. Dies würde zu einem Abbrechen des Haarschaftes nahe dem Haarboden führen.

Schließlich wird auch von einer Depigmentation des Kopfhaares als Folge einer Chloroquintherapie berichtet. Ein Nachwachsen des pigmentierten Haares nach Beendigung der Therapie wurde aber beobachtet. Alle diese Faktoren müssen berücksichtigt werden, wenn man aus Haaranalysen oder Haarmessungen forensische Schlüsse ziehen will.

Literaturverzeichnis.

ANKE, M., SCHNEIDER, H.

Untersuchungen über den Mineralstoffgehalt der Frauen und Männerhaare.

Deutsch. Z. Verdau. Stoffwechselkr. 22, 3I (1962)

ANONYMOUS 1.

Identification by hair.

Brit. Med. J. 1, 584 (1967)

ANONYMOUS 2.

Sexual activity and beard growth.

Nature (London) 226, 1277 (1970)

BATE, L.C.

Adsorption and elution of trace elements on human hair.

Int. J. Appl. Radiat. 17, 417 (1966)

BATE, L.C., DYER, F.F.

Nucleonics 23, 10 (1965)

zit.: HARRISSON, W.W. u. Mitarbeiter (1969)

BATE, L.C.

J. Forensic. Sci. 10, 1 (1965)

zit.: HARRISSON, W.W. u. Mitarbeiter (1969)

BOYLEN, G.W., HARDY, H.L.

Distribution of arsenic in nonexposed persons. (hair, liver, and urine)

Amer. Industr. Hyg. Ass. J. 28, 148 (1967)

BULLIARD, H.

The hair cycles in the albino rat.

Anat. Rec. 61, 5 (1934)

CHURCH, R.

Drugs and the hair.

Practitioner 202, 109 (1969)

COLEMAN, R.F., CRIPPS, F.H., STIMSON, A., SCOTT, H.D.

Atom. 123, 12 (1967)

zit.: ANONYMOUS 1 (1967)

COLEMAN, R.F.

Modern trends in activation analysis.

Int. Conf. Proc. 302 (1965)

DANFORTH, C.H.

Physiology of human hair.

Phys. Rev. 19, 94 (1939)

DE MEIJERE, J.C.H.

Über die Haare der Säugethiere besonders über ihre Anordnung.

Gegenbaurs. Morph. Jahrb. 21, 312 (1894)

zit.in: NOBACK, C.R.

Morphology and physiology of hair.

Ann. NY. Acad. Sci. 53, 477 (1951)

EATON, P., EATON, M.W.

Temperature and growth of the hair.

Science 86, 354 (1937)

ECKERT, J.

zit.: CHURCH (1969)

EBLING, F.J.

Biology of the skin and hair growth.

Eds., Lyne, A.G. and Short, B.F.

Elsevier, New York (1965)

ELLIS, R.A.

The biology of hair growth.

Eds., Montagna, A. and Ellis, R.A.

Academic Press, New York (1958)

FLECK, J., FLECK, M.

Die Haarkrankheiten des Menschen. (1962)

zit.: ROOK, A.J. (1965)

FRIEDENTHAL, H.

Das Dauerhaarkleid des Menschen.

G. Fischer, Jena (1908)

GOLDBLUM, R.W., DERBY, S., LERNER, A.B.

J. Invest. Derm. 20, 13 (1953)

zit.: HARRISSON, W.W. u. Mitarbeiter (1969)

GROVER, R.W.

Disseuse hair loss associates with selenium (selenium) sulphid shampoo.

J.A.M.A. 160, 1397 (1956)

HAMBIDGE, K.M., RODGERSON, D.D.

Comparison of hair chromium levels of nulliparaous and paraous women.

Amer. J. Obstet. Gynec. 103, 320 (1969)

HAMBIDGE, K.M., RODGERSON, D.O., O'BRIEN, D.

Concentration of chromium in the hair of normal children and children with juvenile mellitus.

Diabetes 17, 517 (1968)

HARD, S.

Acta. Dermatovenereol. (Stockholm) 43, 562 (1963)

zit.: CHURCH, R. (1969)

HARRISSON, W.W., YURACHEK, J.P., BENSON, C.A.

The determination of trace elements in human hair by atomic absorption spectroscopy.

Clin. Chim. Acta. 23, 83 (1969)

JACOBZINER, H.

Lead poisoning in childhood: Epidemiology manifestations and prevention.

Clin. Pediat. (Phila.) 5, 277 (1966)

JENSEN, S., JERNELÖV, A.

Biosyntes av metylkvicksilver.

Slam. Nordforsk. Biocidininform. 10, 4 (1967)

KIKKAWA, Z., OGITA, Z., FUJITO, S.

Nature pigments derived from tyrosine and tryptophan in animals.

Science 121, 43 (1955)

KLEVAY, L.M.

Hair as a biopsy material.

Amer. J. Clin. Nutr. 23, 377 (1970)

KLEVAY, L.M.

Hair as a biopsy material. I. Assessment of zinc nutriture.

Amer. J. Clin. Nutr. 23, 284 (1970)

KLEVAY, L.M.

Hair as a biopsy material. II. Assessment of copper nutriture.

Amer. J. Clin. Nutr. 23, 1194 (1970)

KLIGMAN, A.M.

The human hair cycles.

J. Invest. Derm. 33, 307 (1959)

KLIGMAN, A.M.

Pathologic dynamics of human hair loss.

Arch. Derm. 83, 175 (1961)

KNIERER, W.

Derm. Wschr. 131, 653 (1955)

zit.: ZABEL (1968)

KOPITO, L., BYERS, R.K., SHWACHMAN, H.

Lead in hair of children with chronic lead poisoning.

New. Eng. J. Med. 276, 949 (1967)

KOPITO, L., BRILEY, A.M., SHWACHMAN, H.

Chronic plumbism in children.

J.A.M.A. 209, 243 (1969)

LEA, C.M., LUTTRELL, V.A.S.

Copper content of hair in kwashiorkor.

Nature 206, 413 (1965)

LYNFIELD,Y.L., MAC WILLIAMS,P.

Shaving and hair growth.

J. Invest. Derm. 55, 170 (1970)

MAC DONALD,J., WARREN,P.J.

The copper content of hair of African children with kwashiorkor.

Brit. J. Nutr. 15, 593 (1961)

MAGNO,P.J., BARATTA,E.J., LEONARD,J.E.

Strontium -90 in human hair and blood.

Health. Phys. 12, 1493 (1966)

MAGUIRE,H.C.

J. Invest. Derm. 45, 419 (1965)

zit.: CHURCH (1969)

MARTIN,G.M.

Copper content of hair and nails of normal individuals and of patients with hepatolenticular degenerations.

Nature 202, 903 (1964)

MISCHEL,W., DREHER,R.

Der Zinkstoffwechsel in der Schwangerschaft.

Med. Welt. 32, 1594 (1963)

MONTAGNA,W., VAN SCOTT,E.J.

The biology of hair growth.

Eds., Montagna,W. and Ellis,R.A.,

Academic Press, New York (1958)

ORENTRICH,N., BERGER,R.A.

Arch. Derm. (Chicago) 90, 76 (1964)

zit.: CHURCH,R. (1969)

PECOARARO,V., ASTORE,L., BARMAN,J.M.

Cycle of the scalp hair of the new-born child.

J. Invest. Derm. 43, 145 (1964)

PERKONS,A.K., JERVIS,R.E.

zit.: TEJNING (1969)

PINKUS,F.

The story of a hair root.

J. Invest. Derm. 9, 91 (1947)

PINKUS,F.

Zur Kenntnis der Lebensdauer der menschlichen Terminalhaare.

Z. Morph. Anthropol. 24, 265 (1924)

PRASAD,A.S., MIALE,A. Jr., FARID,Z., SANDSTEAD,H.H., SCHULENT,A.R.,
DARBY,W.J.

Biochemical studies on dwarfism, hypogonadism and anemia.

Arch. Intern. Med. (Chicago) 111, 407 (1963)

REINHOLD,J.G., KFOURY,G.A., GHALAMBOR,M.A., BENNETT,G.G.

Zinc and copper concentrations in hair of iranian villagers.

Amer. J. Clin. Nutr. 18, 294 (1966)

RICE,E.N., GOLDSTEIN,N.P.

Metabolism 10, 1085 (1961)

zit.: HARRISSON,W.W. u. Mitarbeiter (1969)

ROOK,A.J.

Comparative physiology and pathology of the skin.

Eds. Rook,A.M. and Walton,J.S., Blackwell Scientific Publications,
Oxford, England (1965)

ROTHMAN,S.

Physiology and biochemistry of the skin.

University of Chicago Press, Chicago (1954)

RYDER,M.L.

Nutritional factors influencing hair and wool growth.

zit. in : MONTAGNA/ELLIS

Biology of hair growth.

Academic Press, New York (1958)

SAITOH,M., UZUKA,M., SAKAMOTO,M.

Human hair cycle.

J. Invest. Derm. 54, 65 (1970)

SANDERSON,K.V.

Hairfall in blood donors.

Lancet 1, 681 (1967)

SAUNDERS,T.S., FITZPATRICK,T.B.

J. Invest. Derm. 33, 87 (1959)

zit.: ZABEL (1968)

SCHIMPF, A.

Chemical burns following hair bleaching.

Aesth. Med. 15, 320 (1966)

SCHROEDER, H.A.

Trace metals in human hair.

J. Invest. Derm. 53, 71 (1969)

SEGALL, A.

Über die Entwicklung und den Wechsel der Haaren beim Meerschweinchen.

Arch. Micr. Anat. Entw. 91, 218 (1918)

STONER, R.E., DASLER, W.

Spectrophotometric determination of microquantities of copper in biological material.

Clin. Chem. 10, 845 (1964)

STRAILE, W.E.

Possible function of the external root sheath during growth of the hair follicle.

J. Exp. Zool. 150, 207 (1962)

STRAIN, W.H., STEADMAN, L.T., LANKAU, C.A., BERLINER, W.P., PORIES, W.J.

Analysis of zinc levels in hair for the diagnosis of zinc deficiency in man.

J. Lab. Clin. Med. 68, 244 (1966)

TEJNING, S.

International and swedish standards for mercury content in food stuffs in the light of mercury content in fish and in human blood cells, bloodplasma and hair.

Nord. Hyg. T. 50, 103 (1969)

TROTTER, M.

The resistance of hair to certain supposed growth stimulants.

Arch. Derm. Syph. 7, 93 (1923)

TROTTER, M.

Life cycles of hair in selected regions of the body.

Amer. J. Anthropol. 7, 427 (1924)

UNNA, P.G.

Beiträge zur Histologie und Entwicklungsgeschichte der menschlichen Oberhaut und ihre Anhangsgebilde.

Arch. Micr. Anat. Entw. 12, 665 (1876)

VAN SCOTT, E.J., REINERTSON, R.P., STEINMULLER, R.

The growing hair roots of the human scalp and morphologic changes therein following amethopterin therapy.

J. Invest. Derm. 29, 197 (1957)

WOLBACH, S.B.

The hair cycle of the mouse and its importance in the study of sequences of experimental carcinogenesis.

Ann. NY. Acad. Sci. 53, 517 (1951)

WESTÖÖ, G.

Kviksilver i fisk.

Var föda 1, 1 (1967)

WILLIAMS, L.A., COHEN, J.S., ZAK, B.

Study of a differential demasking technic for serum zink.

Clin. Chem. 8, 502 (1962)

WITZEL, M., BRAUN-FALCO, O.

Über den Haarwurzelstatus am menschlichen Capillitum unter physiologischen Bedingungen.

Arch. Klin. Exp. Derm. 216, 221 (1963)

ZABEL, R.

Vision disorders and depigmentation of the hair of the head following on overdosis of chloroquine diphosphate medication.

Aesth. Med. 17, 107 (1968)

ZARATE, A.

J. Clin. Endocr. 26, 1394 (1966)

zit.: CHURCH, R. (1969)

Herrn Prof. Dr. Dr. E. Weinig, ehemaliger Vorstand
des Instituts für Rechtsmedizin der Universität
Erlangen-Nürnberg, danke ich für die Arbeitsmöglich-
keit in seinem Institut, sowie die Übernahme des
Korreferates.

Mein besonders herzlicher Dank gilt auch Frau Prof.
Dr. Dr. M. Geldmacher-v.Mallinckrodt für die Über-
lassung des Themas, für ihre große Hilfsbereitschaft
und den jederzeit so freundlich erteilten Rat.

Lebenslauf

Am 22. Dezember 1943 wurde ich als zweite Tochter des Karl Hakanson und seiner Ehefrau Märta, geb. Johansson, in Jönköping, geboren.

Von 1950 bis 1954 besuchte ich die Volksschule und anschließend die "Kommunala Flickskolan". Im Mai 1959 machte ich dort die Mittlere Reife. Anschließend besuchte ich dann "Högre Allmänna Läroverket" in Jönköping bis zum Abitur am 25.4.1963.

Im Wintersemester 1963 begann ich an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Studium der Zahnmedizin, wo ich im August 1966 die zahnärztliche Vorprüfung bestand. Im Juli 1969 legte ich in Erlangen das Staatsexamen ab.

Vom 1. Oktober an arbeite ich als Zahnärztin bei einem frei praktizierenden Zahnarzt in der Nähe von Karlsruhe.

Am 31.12.1969 heiratete ich den Techniker Gunter Aha.

